

Ueber Channa, ein Genussmittel der Hottentotten

Mesembrianthemum expansum L. und tortuosum L.

Doctoral Thesis**Author(s):**

Zwicky, Emil

Publication date:

1914

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000088895>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Über Channa,
ein Genussmittel der Hottentotten
(*Mesembrianthemum expansum* L. und *tortuosum* L.).

Von der
Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich
zur Erlangung der
Würde eines Doktors der Naturwissenschaften
genehmigte
Promotionsarbeit
vorgelegt von
Emil Zwicky, Apotheker
aus **Mollis** (Glarus).

Referent: Herr Prof. Dr. C. Hartwich.

Korreferent: Herr Prof. Dr. P. Jaccard.

ZÜRICH 1914

Druck von Zürcher & Furrer.

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet.

Vorliegende Arbeit wurde im Laboratorium des pharmazeutischen
Instituts der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich ausgeführt.

Ich möchte an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer,

Herrn Prof. Dr. C. Hartwich,

meinen herzlichsten Dank aussprechen für das Interesse und die Unter-
stützung, die er meiner Arbeit in reichem Masse zuteil werden liess.

Abriss des Lebens- und Bildungsganges.

Ich, Emil Zwicky, wurde am 20. Februar 1888 in Glarus geboren und besuchte von 1895—1900 die Primarschule in Ennenda, von 1900—1904 die Sekundarschule in Glarus und vom Frühjahr 1904 bis Herbst 1906 die Gymnasialabteilung der Kantonsschule in Zürich. Nach Ablegung der Reifeprüfung trat ich als Praktikant in die Apotheke des Herrn E. Eidenbenz in Zürich ein und bestand nach zweijähriger Praktikantenzeit im Herbst 1908 das Gehilfenexamen in Zürich. Ich war dann während eines Jahres in der Apotheke des Herrn W. Bech in La Chaux-de-Fonds als Assistent tätig.

Im Herbst 1909 begann ich meine Studien an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich und hörte Vorlesungen bei den Herren Prof. Dr. Grubenmann, Prof. Dr. Hartwich, Prof. Dr. Jaccard, Prof. Dr. Keller, Prof. Dr. Roth, Prof. Dr. Schellenberg, Prof. Dr. Schröter, Prof. Dr. Treadwell, Prof. Dr. Vetter, Prof. Dr. Weiss, Prof. Dr. Willstätter.

Im Herbst 1911 bestand ich das pharmazeutische Staatsexamen.

In der Folgezeit widmete ich mich der Promotionsarbeit, mit der ich bis Herbst 1913 beschäftigt war.

Aus der pharmazeutischen Abteilung der Eidg. Techn. Hochschule.

Über Channa, ein Genussmittel der Hottentotten.

(*Mesembrianthemum expansum* L. und *tortuosum* L.)

Von

E. ZWICKY.

Einleitung.

Die Anzahl von Pflanzen, die von den Menschen als Genussmittel verwendet werden und verwendet wurden, ist auf der ganzen Erde sicher eine grosse und umfasst gewiss mehrere hundert Arten. Freilich ist der Gebrauch vieler von ihnen verschwunden oder doch im Verschwinden begriffen, da sie von einigen wenigen (Tabak, Kaffee, Tee, Kakao), die allmählich die ganze Erde erobert haben, verdrängt werden. Zu den Genussmitteln allgemeinsten Verbreitung gehört natürlich der Alkohol, der die übrigen an Bedeutung weit übertrifft, aber eine gesonderte Stellung einnimmt, da er ja in den Pflanzen nicht vorkommt, sondern erst durch chemische Prozesse aus den Kohlehydraten entsteht. Seine allgemeine Verbreitung über die ganze Erde erklärt sich auch dadurch, dass er unabhängig voneinander an verschiedenen Orten gefunden wurde.

Das Studium der Genussmittel ist nach mehreren Richtungen ein sehr interessantes; es interessieren uns die Stoffe, die ihre Wirkung bedingen, natürlich in hohem Masse. Ich erinnere nur daran, dass die Medizin daraus grossen Vorteil gezogen hat. Kokain, die wirksamen Stoffe aus der Kawa-Wurzel, aus der Arekanuss, ferner das Koffein und das Theobromin, sind von der Medizin in Gebrauch genommen worden, nachdem die Menschen die betreffenden Pflanzen schon lange zu Genusszwecken benutzten.

Weiter sind sie höchst interessant in ethnographischer Beziehung, weil viele von ihnen im ganzen Leben der betreffenden Völker eine grosse Rolle spielen. Ich erinnere daran, welche Wichtigkeit in dieser Beziehung z. B. die Kolanuss in Afrika, Betel in Südostasien, der Tabak bei den Indianern haben, resp. gehabt haben.

Ferner ist interessant, zu sehen, wie viele von ihnen streng auf gewisse Völker beschränkt bleiben, während andere über grosse Strecken der Erde und damit über die verschiedensten Völker sich verbreitet haben. So ist der Gebrauch des Hanfes wesentlich auf die Mohammedaner beschränkt geblieben, wogegen der ebenfalls gerauchte Tabak die ganze Erde erobert hat. Ich kann auf diese Sachen natürlich nur flüchtig hinweisen.

Es ist gewiss interessant und wichtig, Genussmittel, die nur in einem ganz engen Gebiet benutzt werden und im Verschwinden begriffen sind, wenn sich die Gelegenheit dazu bietet, genauer zu studieren.

Solche Arbeiten haben dann zuweilen eine über den engern Kreis von Fachleuten hinausgehende Wichtigkeit erlangt. Ich will ganz kurz ein Beispiel anführen, welches mit dem von mir zu behandelnden Genussmittel mancherlei Analogien bietet. Nach ganz spärlichen Nachrichten verwenden die Indianer in Mexiko und in den Südstaaten von Nordamerika Kakteen als stark berauschendes Genussmittel. Heffter¹⁾ hatte Gelegenheit, diese Kakteen zu untersuchen und wies in der bisher für ganz harmlos gehaltenen Familie stark giftig wirkende Alkaloide nach. Spätere Untersucher²⁾ hatten diese Funde dann vermehrt.

Noch weniger wie über diese Kakteen wissen wir über ein Genussmittel, das die Hottentotten in der Karroo in Südafrika verwenden. Es ist die Wurzel einer oder mehrerer Mesembrianthemumarten. Ich habe Gelegenheit gehabt, die Droge, wenn auch wegen der Spärlichkeit des Materials nicht so sorgfältig, wie ich gewünscht hätte, zu untersuchen und berichte über die Resultate der Untersuchung im folgenden. Ich gebe zuerst die mir bekannt gewordenen Nachrichten aus der älteren Literatur.

Historische Nachrichten.

Die früheste Nachricht finde ich bei Dapper³⁾: „Die Männer pflegen in den Därmen, die sie um den Hals tragen, ihren Tabak zu verbergen als auch die Pfeiffe und andere dergleichen Sachen; etliche hängen um den Hals auch etliche Wurzeln, welche sie tief im Lande aus dem Grunde der Flüsse hohlen und auf der Reise durch gefährliche Oerter bei dem Feuer anzünden, wann sie irgendwo über Nacht bleiben, ja zu kleinen Stücklein zerkauen; damit sie die Leuen,

¹⁾ L. c. 28. (Diese Zahlen beziehen sich auf das am Ende der Arbeit befindliche Verzeichnis der Literatur.)

²⁾ Heyl, G. L. c. 29.

³⁾ L. c. 13, p. 621.

Leoparden oder Wölfe dadurch schüchtern machen und verjagen möchten. Diese gekauete blasen oder sprühen sie dann rund um den Mund her, indem sie festiglich glauben, dass darinnen eine solche Kraft verborgen, dass kein Tier den Geruch darvon, wiewohl diese Wurzeln weder Geruch noch Geschmack haben, vertragen könne, noch soviel Mutes habe, sie anzufallen. Und darum legen sie sich in solcher Einbildung geruhiglich schlafen.“

Dappers Angaben stammen von 1670, jedenfalls sehr frühzeitig, denn erst 1652 wurde Kapstadt durch die Holländer gegründet. Man könnte vielleicht zweifelhaft sein, ob man die Stelle auf *Mesembrianthemum* deuten darf; zweifellos aber handelt es sich um ein Genussmittel, das aus einer Wurzel besteht, und da wir aus diesem Gebiet überhaupt sonst keine heimischen Genussmittel und besonders keines aus einer Wurzel kennen, so bleibt eben nur *Mesembrianthemum* übrig.

Aus nördlicher liegenden Gegenden Südafrikas sind uns Genussmittel bekannt. A. Pestalozzi¹⁾ gibt nach Mitteilungen von Professor H. Schinz an, dass im Hererolande die Wurzeln von *Boscia Pechuelii* Kuntze unter dem Namen Omungerere abgekocht, zur Bereitung eines mindestens der Farbe nach kaffeeähnlichen (eine Prüfung auf Koffein war negativ) Getränkes dienen. Auch die süßen Beeren der *Boscia Pechuelii* Kuntze, Ozonguindi genannt, dienen den Ovaherero und Aajamba als Genussmittel.

Schon etwas bestimmter gehalten ist eine Notiz bei Kolb²⁾. Er sagt: „In den Hottentottischen Landschaften findet man eine Wurzel, Kanna genannt, welche bey ihnen dermassen grosses Ansehen hat, dass sie ihr beynahe göttliche Ehre erweisen. Ohne Zweifel erhöht die Seltenheit ihren Wert. Doch halte ich sie im Grunde für sehr trefflich. Ihres Orts wissen sie ihr nicht Lobsprüche genug beyzulegen und betrachten sie als das beste Stärkungsmittel, das die verlohrenen Kräften am geschwindesten wieder herstellt. Sie geben fast alles, was sie haben, herzlich gerne her, wenn sie dergleichen erlangen können. Viele würden mit Lust zwanzig Meilen lauffen, ja einen Tag lang die sauerste Arbeit verrichten, nur um etwas wenigens zu bekommen. Vermittelst eines kleinen Stückleins dieser Wurzel kann man mit einem Hottentotten machen, was man will, man gewinnt seine Freundschaft auf immer und kann versichert leben, dass er alle mögliche Treue und dankbare Dienste leisten werde. Was ich jezo sage, das rede ich aus der Erfahrung. Da ich eines Tages ein Stück Kanna eines Fingers gross unter meine Nachbarn austheilte, gewann ich ihre Freundschaft so sehr, dass, seit dieser Zeit,

¹⁾ L. c. 44, p. 11.

²⁾ L. c. 35, p. 132.

sie um die Wette sich bestreben, mir zu dienen und Gefälligkeiten zu erweisen.“

Hier taucht zum erstenmal der Name Kanna auf, der der am meisten gebräuchliche zu sein scheint. Über die Pflanze erfahren wir noch nichts. Bezüglich des Namens Kanna muss ich darauf aufmerksam machen, dass Comes¹⁾ der Meinung ist, mit Kanna bezeichnen die Eingeborenen die Rhizome von *Acorus Calamus*. Dass diese Pflanze bei Kolb nicht in Betracht kommt, scheint mir ausser Zweifel, wenn man die starken der Droge zugeschriebenen Kräfte berücksichtigt. Es möchte auch fraglich sein, ob die Wasserpflanze *Acorus Calamus* in der dünnen Karroo fortkommt, und ferner ist mir nicht bekannt, dass der in Ostindien heimische Kalmus so früh schon bis in das Innere von Südafrika vorgedrungen war. Allerdings sagt Dapper, wie oben schon angeführt, dass die Eingeborenen die Wurzel aus dem Grunde der Flüsse holen. Der Autor scheint aber selbst nicht bis zu den Fundorten der Pflanze vorgedrungen zu sein. Es scheint allerdings, dass der Name Kanna in jenen Gegenden ziemlich verbreitet ist und ganz verschiedenen Pflanzen beigelegt wird. So fand ich eine Notiz bei dem später anzuführenden Thunberg, wonach *Salsola aphylla* L. bei den Eingeborenen ebenfalls Kannabusch heisst.

Kolb zitiert weiter den Jesuiten Tachard²⁾: „Die Namaquas hätten einigen vornehmen Holländern, die anno 1682 daselbst gewesen, von diesem Kraut, oder vielmehr von dieser Wurzel gegeben, zur Wiedervergeltung einiger von ihnen erhaltener Geschenke. Er meynet, es wäre dieses Gewächs eynerley mit dem chinesischen Ginseng: denn, spricht er, ein geschickter Medicus, Herr Claudius, den die Holländer auf dem Vorgebürge unterhalten, damit er ihnen helfe, neue Entdeckungen von Ländern zu machen, und an einer natürlichen Geschichte von Afrika zu arbeiten, und welcher die Ginseng in China gesehen hat, versichert, dass er zwey Pflanzen auf dem Vorgebürge gefunden habe, lies uns auch eine nach dem Leben gemachte Abbildung sehen, die mir Herr Thevenot vor kurzer Zeit gewiesen.“

Die Vergleichung mit Ginseng macht es doppelt unwahrscheinlich, dass Kanna *Acorus Calamus* ist, denn diese Wurzel ist völlig geschmacklos und auch im Aussehen von Kalmus so verschieden wie möglich. Immerhin ist diese wenn auch falsche Identifizierung mit Ginseng nicht ohne Folgen gewesen, denn Erasmus Franciscus

¹⁾ L. c. 11, p. 144.

²⁾ Reise nach Siam, Lib. II, p. 86.

hält in seinem Ostindischen Lustgarten Ginseng der Chinesen und Kanna der Hottentotten für identisch.

Kolb fährt dann fort: „Ich habe oft Wirkungen der Kanna an den Hottentotten gesehen. Sie kauen selbige und behalten sie ziemlich lange im Mund: weil sie nun gewöhnlich allzuviel auf einmal nehmen, so fallen sie in eine Trunkenheit und werden im Kopfe verrückt. Ehe sie noch lange gekaut haben, siehet man deutlich, wie sich ihre Lebensgeister ermuntern, ihre Augen funkeln, ihr Gesicht lächelnd und annehmlich wird. In ihrem Gemüthe entstehen tausend angenehme Vorstellungen, die eine süsse Fröhlichkeit in ihnen erwecken und sie geschickt machen, sich mit allerhand Scherz zu belustigen. Gebrauchen sie aber allzuviel, so verlieren sie am Ende alle Sinnen, und fallen in grässliches Fantasieren.“

Der Autor dürfte die Wirkungen des *Mesembrianthemum* hier stark übertreiben. Die neuern Nachrichten wissen von Aehnlichem nichts zu berichten.

Kolb¹⁾ berichtet ferner: „Diese Völker haben kein Geld, noch etwas, das seine Stelle verträte; folglich besteht ihr Handel im Tauschen. Man giebt für ihre Waaren Wein, Brandtwein, Tabak, Dacha (= indischer Hanf), Pfeiffen etc. und zuweilen kleine Stücklein Kanna, welche die Europäer besser als sie zu finden wissen.“

Ferner erwähnt Thunberg²⁾ folgendes: „Hier wächst ein Strauch, den die Hottentotten Kon oder Guena nennen und der im ganzen Lande sehr berühmt ist. Es ist die welke Zaserblume (*Mesembrianthemum emarcidum*)³⁾. Die Hottentotten, nicht nur die, welche in dieser Gegend, sondern auch die weit entfernt wohnen, hohlen diesen Strauch mit Wurzeln, Stamm und Blättern, stampfen das alles durcheinander und drehen es hernach zusammen, wie gesponnenen Tabak. Das Wort Kon bedeutet Saugbusch. Die Kolonisten nennen ihn Kannawurzel. Er wächst nur in den trockensten Haiden, und wird am meisten von denjenigen Hottentotten gesammelt, die nicht sehr weit von diesen Haiden wohnen. Diese treiben hernach oft weit umher Tauschhandel damit und nehmen dafür Vieh und andere Sachen.“

Ferner sagt er⁴⁾; „Die Buschmänner im Rockenland kauen die Zaserblume erst und hernach rauchen sie sie.“

¹⁾ L. c. 35, p. 170.

²⁾ L. c. 58, p. 85, II. Reise vom Sonntagsflusse nach der Kapstadt; östlicher Elephantenfluss (Karroofeld).

³⁾ *Mesembrianthemum emarcidum* Thunbg. ist synonym mit *Mesembrianthemum anatomicum* Haw.

⁴⁾ L. c. 58, II, p. 151.

Thunberg berichtet freilich nicht viel über die Wirkung und den Gebrauch der Wurzel, wohl aber verdanken wir ihm Ausführliches über die botanische Abstammung. Interessant ist die Bemerkung, dass das Genussmittel nicht nur an Ort und Stelle verbraucht, sondern auch durch den Handel verbreitet wird. Eine frühere Bemerkung Kolbs, dass Kanna im Tauschhandel eine Rolle spielt, wird dadurch bestätigt. Besonders bemerkenswert ist die eigenartige Form der Zubereitung der Droge.

Erst viel später, im Jahre 1874, beschäftigt sich E. M. Holmes¹⁾ wieder mit dieser Droge, wobei dafür der Name Koegoed angegeben wird. Sie soll bei den Eingeborenen Koegoed, Kaugoed, Kon (= Saugbusch) oder Guena heissen, während die Farmer sie unter dem Namen Kanna oder Channa kennen.

Holmes hat eine andere Stammpflanze als Thunberg, nämlich *Mesembrianthemum tortuosum* L., das allerdings dem *Mesembrianthemum emarcidum* Thunbg. ganz nahe verwandt ist. Ich will hier gleich bemerken, dass spätere Bestimmungen anderer Autoren und meine eigene diese Ableitung bestätigt haben; wie sich zeigen wird, kommt allerdings noch eine zweite Art in Betracht.

Koegoed wird nach Holmes von den Farmern als Stypticum (Stated), als Sedativum für das Vieh gebraucht, und wird von den Hottentotten dank seinen narkotischen Eigenschaften als Berauschungsmittel gekaut.

Isaac Meiring²⁾ sagt: „Der Droge wird grosse medizinische Heilkraft zugeschrieben, namentlich die einschläfernde Wirkung bei Kindern und ihre Heil- und beruhigende Wirkung auf letztere, wenn sie an Säure (acidity) leiden. Die Pflanze soll zu diesem Zwecke in sehr ausgedehntem Masse verwendet werden, indem man einen oder zwei Tropfen des Saftes der grünen Pflanze dem Kinde gibt, das sich dann für mehrere Stunden eines tiefen, ruhigen Schlafes erfreut. Diese sichere Wirkung schrieb ich der alkalischen Natur des Saftes zu; der Gehalt an alkalischen Bestandteilen ist so gross, dass der Saft angeblich zum Waschen von Kleidern benutzt wird, wenn Seife nicht erhältlich ist. Seit ich obiges geschrieben, ist meine Aufmerksamkeit auf folgendes gelenkt worden:

Diese Art (*Mesembrianthemum tortuosum* L.), heimisch in der Karroo, scheint narkotische Eigenschaften zu besitzen. Die Hottentotten, die sie unter dem Namen Kaugoed kennen, haben die Gewohnheit, sie zu kauen und werden berauscht, während die Farmer

¹⁾ L. c. 30, p. 810.

²⁾ L. c. 43.

sie in Form einer Abkochung oder Tinktur als gutes Sedativum gebrauchen.“ (Pappe, Flor. Cap. Med. Prodrum, 1868.)

Meiring fand bei der Untersuchung der Pflanze, dass sie ein Alkaloid enthält, welches nach der an Fröschen gemachten Injektion eine ausgesprochene Schlafwirkung auf diese ausübte. Weitere klinische Experimente bewiesen, dass die Pflanze entschieden schmerzstillende (anodyne) Eigenschaften ohne schlechte Nebenwirkungen hat.

Man wird hinzufügen dürfen, dass Meiring seine ursprüngliche Ansicht, dass das freie Alkali schlafbringend wirkt, dahin geändert hat, dass er die Wirkung dem Alkaloid zuschreibt. Auf die von Meiring angegebene alkalische Reaktion des Saftes komme ich noch zu sprechen.

Andere Berichte über die Verwendung der Pflanze als Genussmittel standen mir nicht zur Verfügung. Bei Comes¹⁾ findet sich eine ziemlich vollständige Zusammenstellung der Angaben der verschiedenen Autoren.

Paterson²⁾ soll nach Comes erwähnen, dass in Südafrika eine Gegend mit dem Namen Channa sich findet, weil ein gleichnamiges *Mesembrianthemum* dort vorkommt, das die Eingeborenen rauchen oder kauen. Die Channa gemischt mit Dacha soll prompt be- rauschen.

Comes zitiert ferner Cooke³⁾, nach dem dieses Genussmittel *Mesembrianthemum tortuosum* L. ist, und von den Hottentotten Kon oder Kaugoed genannt wird. Nach Cooke kauen sie es wegen seiner narkotischen Eigenschaften, nachdem es eine leichte Gärung durchgemacht hat. Die Europäer sollen es Kannawurzel nennen.

Aus diesen wenigen Nachrichten geht hervor, dass die Pflanze von den Eingeborenen zweifellos als Genussmittel und viel weniger als Arzneimittel benutzt wird. Über die Wirkung selbst gehen die Angaben entschieden auseinander. Während sie nach Meiring und anderen beruhigend wirkt, wirkt sie nach Kolb stark erregend. Aus seinen Angaben scheint eine so starke Wirkung hervorzugehen, dass man vielleicht einiges davon als übertrieben abstreichen kann.

Sonstige Verwendung der *Mesembrianthem*en.

Die *Mesembrianthem*en finden bei den Farmern und Eingeborenen des Kaplandes vielfache Verwendung. Die erste Stelle kommt *Mesembrianthemum edule* L. zu, der sog. Hottentottenfeige, die so heisst, weil ihre saftige Frucht

¹⁾ L. c. 11, p. 144.

²⁾ Quatre voyages dans le pays des Hottentots et la Cafrerie in: Bruce, voyages; trad. Castera, Paris 1797.

³⁾ The seven sisters of the sleep. London.

von den Hottentotten gegessen wird. Der Saft der Pflanze wird sowohl innerlich als äusserlich als Arzneimittel gebraucht: innerlich gegen die rote Ruhr und gegen die Schwämme bei Kindern, äusserlich heilt er, wenn man Stellen, die man sich verbrannt hat, damit bestreicht¹⁾ (übrigens eine Verwendung, die ja bei saftreichen Pflanzen ganz allgemein ist). Die Früchte selbst werden auch medizinisch verwendet: man legt sie längere Zeit in Wasser, welches man den schwangeren Frauen gibt, die ihre Niederkunft erwarten, weil man glaubt, es erleichtere die Entbindung²⁾. Nach der Geburt holen die Hottentottenweiber die dreieckigen, saftigen Blätter dieses Feigenbusches, zerknirschen sie zwischen zwei Steinen, pressen zwischen ihren Händen den Saft aus und salben damit das Kind vom Kopf bis auf die Füsse. Sie sagen, dieser Saft habe die Kraft, die Behendigkeit und Stärke zu vermehren³⁾.

Mesembrianthemum acinaciforme L., das nahe mit *Mesembrianthemum edule* L. verwandt ist, findet ähnliche Verwendung. Der Saft beider Pflanzen wird gegen Dysenterie, als Diureticum und Stypticum, auch zu Gurgel- und Mundwässern gebraucht⁴⁾.

Kraut und Samen von *Mesembrianthemum crystallinum* L. sind essbar (das Kraut findet auch in Europa Verwendung wie Spinat), werden auch gegen Dysenterie, Leber- und Nierenleiden, auch zu Gurgelwässern empfohlen; die stark alkalische Asche wird wie Soda verwendet⁵⁾.

Mesembrianthemum nodiflorum L. wird in Nordamerika ebenso verwendet⁶⁾.

Mesembrianthemum anatomicum Haw. wird als leichtes Narcoticum gebraucht und auch geraucht⁷⁾.

Die Blätter von *Mesembrianthemum geniculiflorum* L. finden Verwendung als Gemüse und die Asche zur Sodabereitung, die Samen liefern Mehl⁸⁾.

Auch die Samen von *Mesembrianthemum geminiflorum* Haw. lieferten den Arabern Brot⁹⁾.

Von *Mesembrianthemum aequilaterale* Haw. wird der Saft der Blätter in Neusüdwaies als Antisepticum und gegen Dysenterie gebraucht¹⁰⁾.

Die Blüten von *Mesembrianthemum Tripolium* L. (Flores Candiae) dienen zu abergläubischen Zwecken¹¹⁾.

Die Buschmänner bedienen sich sehr oft der grossen, strauchigen Mesembrianthemum-Arten zum Bau von Hütten oder Kraals¹²⁾.

Mein Material.

Durch Vermittlung von Herrn Dr. R. Marloth in Kapstadt war es möglich, ungefähr 3,5 Kg. der trockenen Pflanze zu be-

¹⁾ Thunbg. l. c. 58, I, p. 259.

²⁾ Thunbg. l. c. 58, II, p. 112.

³⁾ Kolb l. c. 35, p. 141.

⁴⁾ Dragendorff l. c. 17, p. 204, und Holmes l. c. 30, p. 810.

⁵⁾ Dragendorff l. c. 17, p. 204.

⁶⁾ Dragendorff l. c. 17, p. 204.

⁷⁾ Dragendorff l. c. 17, p. 204.

⁸⁾ Dragendorff l. c. 17, p. 204.

⁹⁾ C. Huber: Brot- und mehlgebende Pflanzen. (24. J. B. d. Ver. f. Naturk. in Österr. ob d. Enns zu Linz, 1895) Nach. Just. Bot. J.-B. 1895, II, p. 42.

¹⁰⁾ Maiden 1888 in Dragendorff l. c. 17, p. 204.

¹¹⁾ Dragendorff l. c. 17, p. 204.

¹²⁾ Thunberg l. c. 58, p. 150.

schaffen. Das Sammeln der Droge war mit grossen Schwierigkeiten verbunden, da nach Marloths Angaben die Pflanze nirgends gesellig wächst, und da in jenen Gegenden die einzelnen Gehölze dünner gesät sind als die Städte in Deutschland. Welches der genaue Standort meines Materials war, hat Dr. Marloth nicht angegeben. Die weitere Heimat (Fig. 1) ist die Karroo, eine dürre Hochebene, teilweise von Bergen von 1300—2600 m umgeben. Sie breitet sich hinter der Küste vom Kap der guten Hoffnung, dieser ziemlich parallel in einer Entfernung von 100—150 km in der Richtung von Westen nach Osten aus und reicht nördlich bis zu den Roggeveldsbergen, Nieuvelsbergen, Sneubergen etc. In diesem Gebiet liegen die in der Literatur angegebenen Fundorte der Pflanze: Matjesfontein (Meiring), Laingsburg, Prince Albert (Marloth). Thunberg nennt den östlichen Elephantenfluss. Nach letzterer Angabe war der Standort zuerst zweifelhaft, da ein Elephantenfluss (Olifants River) an der südlichen Grenze in den Groote Zwarte Bergen entspringt. Nach dem Zusammenfluss mit dem Dwyka-River bildet er den Gouritz-River und erreicht wenig östlich von der Mossel-Bay das Meer. Östlich vom Dwykafluss liegt Prince Albert, westlich davon, an der von Worcester nach Nordosten führenden Bahn liegt Matjesfontein. Diese speziell angegebenen Fundorte erstrecken sich vom 18. bis zum 20. Grad.

Ein zweiter Elephantenfluss (Oliphants River) liegt weiter im Westen. Er entspringt an der westlichen Grenze der Karroo in den Oliphants River-Bergen und erreicht bei ungefähr 31,5 Grad Breite das Meer. In seiner Nähe liegt ebenfalls ein Matjesfontein, ganz nahe bei der nachher anzuführenden Kaugoed Vlakte. Es war daher zunächst zweifelhaft, wo die Heimat der Pflanze sei. Das genaue Studium der Angaben brachte die Entscheidung für das erstere Gebiet, da Thunberg¹⁾, dem wir ja Angaben über das Genusmittel verdanken, den Elephantenfluss auf der Reise vom Sonntagsfluss nach der Kapstadt berührte. Der Sonntagsfluss (Sunday River) mündet in die Algoa-Bay, östlich von der Mossel-Bay, und der Elephantenfluss, wie natürlich auch Kapstadt, liegen westlich von ihm.

Holmes²⁾ gibt als Standort das Land der Buschmänner an (nach Dr. Shaw). Das erscheint auf den ersten Blick nicht im Einklang mit den übrigen Angaben, denn die Buschmänner wohnen jetzt weiter nördlich in den an Deutsch-Südwest-Afrika angrenzenden Gebieten und in Deutsch-Südwest-Afrika selbst. Sie sind aber erst in neuerer Zeit dahin ausgewandert und haben ihre Wohnsitze früher südlicher

¹⁾ L. c. 58, II, p. 85.

²⁾ L. c. 30, p. 810.

in der Karroo gehabt¹⁾. Immerhin ist es zweifelhaft, ob die Pflanze nicht auch ausserhalb der Karroo in dem jetzt von den Namaquas bewohnten Gebiet häufiger vorkommt, denn hier findet sich eine Stelle mit dem Namen Kaugoed Vlakte. Der erste Teil des Wortes ist identisch mit einem der bereits angeführten Namen der Droge bei den Eingeborenen. Es bietet sich für die Erklärung dieses Namens aber auch noch eine andere Hypothese. Wie aus meiner Arbeit hervorgehen wird, ist das wirksame Alkaloid in der Gattung *Mesembrianthemum* weit verbreitet, und es erscheint nicht ausgeschlossen, dass hier vielleicht eine andere Art benutzt wird. Dass die Verwendung von Arten der Gattung *Mesembrianthemum* nicht auf die beiden von mir bearbeiteten Spezies beschränkt ist, geht daraus hervor, dass nach Thunberg²⁾ auch die Wurzel von *Mesembrianthemum anatomicum* Haw. (syn. *emarcidum* Thunberg) als Genussmittel benutzt wird. Freilich kommt diese Spezies für die Kaugoed Vlakte vermutlich nicht in Betracht, denn nach Thunberg wird sie am östlichen Elephantenfluss gefunden.

Ebenso als Lieferanten des Genussmittels scheint Comes³⁾ auch *Mesembrianthemum edule* L. anzunehmen, das nach ihm ebenfalls den Namen Kanna oder Channa führt. Wie ich mich durch Untersuchung frischer Pflanzen überzeugte, gehört es zu den Arten, die kein Alkaloid haben, muss also ganz sicher hier ausser Betracht bleiben. Die Früchte werden, wie ich schon anführte, unter dem Namen Hottentottenfeigen gegessen. Das ist, was ich über die Herkunft der Droge sagen kann.

Sie bestand aus den ganzen Pflanzen: Wurzeln, Axen, Blättern und einzelnen Früchten mit daran sitzenden Kelchblättern. Die ursprünglich fleischigen Blätter waren zu einem dünnen Häutchen, von den Gefässbündeln durchzogen, eingetrocknet und vielfach, vermutlich durch Pilze, zerfressen, so dass nur noch selten Reste von Spaltöffnungen zu sehen waren. Die Axen liessen noch einen dicken Kork erkennen und in ihm Xylemstränge; alle weiche Teile waren herausgefault. Bei den jüngsten Exemplaren war die Axe 2–3 cm lang und ungefähr 5 mm dick; die längsten waren 13 cm lang und ungefähr 1 cm dick. Die Wurzeln waren im Verhältnis zur Axe lang und liessen eine Hauptwurzel mit kleineren Nebenwurzeln erkennen. Da die Wurzeln meist abgerissen waren, konnte ihre wahre Länge nicht festgestellt werden; immerhin hatte eine 2 cm lange Axe eine 20 cm lange und 1,5 mm dicke Wurzel; eine andere 2,5 cm lange

¹⁾ Schurtz l. c. 53.

²⁾ L. c. 58, II, p. 85.

³⁾ L. c. 11, p. 142, Anm. 5.

Axe hatte eine 25 cm lange und 2 mm dicke Wurzel. Die stärksten Wurzeln waren 5 mm dick.

Weiter war das Material recht unrein; es mussten reichlich Holzstücke, fremde Blätter, Wurzeln, Stengel ausgelesen werden und besonders viel Erdklumpen und Sand.

Den Gehalt der Rohdroge an reiner Substanz berechnete ich mit annähernder Genauigkeit folgendermassen: Eine junge Pflanze mit Wurzeln, Stengeln und Blättern wurde, so wie sie war, gewogen (6 gr) und dann sorgfältig durch Bürsten etc. von Sand und anderen Verunreinigungen befreit. Ich erhielt dabei an reiner Droge 4,2 gr (= 70%) und 1,8 gr Verunreinigungen (= 30%). Es waren aber noch diejenigen Verunreinigungen zu bestimmen, die sich von der Pflanze losgelöst hatten, welche aber bei der Verarbeitung zum grössten Teil mitgewogen worden waren. Ich wog zu diesem Zwecke den Inhalt einer Kiste, in der mehrere Exemplare lagen (= 75 gr), entfernte dann die Pflanzen und wog den zurückbleibenden, meist aus Sand bestehenden Teil (9 gr = 12%). Es liess sich auf diese Weise aus den 3500 gr Rohdroge die Menge der reinen Droge zu 2155 gr = 61,6% berechnen.

Mit einer jungen Pflanze, die möglichst vollständig von Sand und anderen Verunreinigungen befreit war, wurde ferner eine Aschenbestimmung ausgeführt:

Substanz: 3,3036 gr.

Asche: 0,4715 gr = 14,72% Asche.

Beim Digerieren mit 10-prozentiger Salzsäure löste sich nur ein Teil der Asche; es blieb ein weisser Rückstand und zwar: HCl-unlöslich: 0,0651 gr = 2,03% der Substanz und 13,81% der Gesamtasche. Die HCl-lösliche Asche war grün gefärbt, was auf einen Gehalt an Mangan schliessen liess; diese Annahme wurde durch den qualitativen Nachweis bestätigt.

Da der Sammler nach Marloths Mitteilung die Vermutung ausgesprochen hatte, dass das Material aus zwei Arten bestehe, von denen die eine diejenigen, welche sie geniessen, verrückt mache, während die gewöhnliche nur berausche, suchte ich von Anfang an in der Droge Unterschiede herauszufinden. Marloths dahingehende Untersuchungen waren erfolglos gewesen; mir gelang es anfangs ebenfalls nicht, irgendwelche Unterschiede zu sehen; ich sammelte aber bei der genauen Durchmusterung des Materiales eine Anzahl Früchte, die nun schöne Unterschiede erkennen liessen. Die meisten dieser Früchte waren fünffächerig und etwa 10—15% vierfächerig.

Nach Dillenius¹⁾ und Berger²⁾ besitzt *Mesembrianthemum tortuosum* L. (*Mesembrianthemum foliis Sempervivi congestis* Dillen.) eine vierfächerige Frucht mit fünf Kelchzipfeln; von diesen sind zwei gross, blattartig, stumpf, drei kürzer, rund, trockenrandig mit aufgesetzter pfriemlicher Spitze. Das stimmte genau auf meine vierfächerigen Früchte. Mit *Mesembrianthemum tortuosum* L. sehr nahe verwandt ist *Mesembrianthemum expansum* L. (*Mesembrianthemum foliis Sempervivi expansis* Dillen.). Sie hat eine fünffächerige Frucht; der Kelch hat fünf Zipfel, von denen drei breit, blattartig, lanzettlich spitz, zwei schmal pfriemlich und am Grunde trockenhäutig, aber ebenso lang oder länger sind. Auch das stimmte auf meine fünffächerigen Früchte.

Mesembrianthemum tortuosum L. galt, wie aus meiner Darstellung hervorgeht, bisher allein als Stammpflanze des Genussmittels; von *Mesembrianthemum expansum* L. war das nicht bekannt. Dass sie ebenfalls an der Wirkung beteiligt ist, geht aus der bereits angeführten Mitteilung des Sammlers an Dr. Marloth hervor, und daraus, dass sie, wie ich mich überzeugen konnte, ebenfalls das wirksame Alkaloid enthält.

Diese Tatsachen, die ich aus den trockenen Früchten ermittelte, wurden dann vollkommen bestätigt durch die Untersuchung der jungen Pflanzen, die ich aus den Samen ziehen konnte. Ich habe darüber im botanischen Teil meiner Arbeit zu berichten.

Die beigelegten Photographien der Früchte³⁾ werden diese Verhältnisse mit genügender Deutlichkeit zeigen. Die Abbildungen der ganzen Pflanzen⁴⁾ habe ich Dillenius entnommen.

Botanisch-anatomischer Teil.

Die ersten Autoren, die sich mit der Untersuchung der Gattung *Mesembrianthemum* beschäftigten, nahmen für sie normales Dickenwachstum an. Eine ältere Untersuchung von Regnault⁵⁾ aus dem Jahre 1860 macht eine Ausnahme. Regnault stellte schon damals die Abwesenheit von Bastfasern und Markstrahlen fest.

Hagen⁶⁾ wie auch Lestiboudois⁷⁾ sagen, dass dieser Gattung der gewöhnliche Dicotyledonenbau zukommt. Allerdings bemerkt

¹⁾ L. c. 15.

²⁾ L. c. 7, p. 48 ff.

³⁾ Fig. 23.

⁴⁾ Fig. 21 und 22.

⁵⁾ L. c. 48.

⁶⁾ L. c. 25.

⁷⁾ L. c. 40.

Lestiboudois, dass auf dem Querschnitt deutliche Ringe hervortreten, die aber nach seiner Auffassung nur von der verschiedenen Verteilung der einzelnen Elemente der Fibrovasalstränge herrühren.

Erst Falkenberg¹⁾ weist wirklich heterogene Struktur bei sämtlichen von ihm untersuchten Arten (9) nach. Er fand sekundäres, durch einen aus den äusseren Schichten des Zentralzylinders hervorgehenden Meristemring veranlasstes Dickenwachstum. Die primären Fibrovasalstränge sind geschlossen und deshalb jeder sekundären Verdickung unfähig. Der Meristemring, der sich später in der Gewebezone zwischen der Rinde und den Fibrovasalsträngen ausbildet, verhält sich wie ein Cambiumring, der bei den verschiedenen Arten eine wechselnde Struktur besitzt. Bastfasern finden sich nirgends, ebensowenig Markstrahlen.

Auch De Bary²⁾ weist darauf hin, dass bei den *Mesembrianthem*-arten ein extrafasciculares Cambium (ausserhalb des primären Gefässbündelringes liegend) vorhanden ist.

Peterson³⁾ widerspricht in einigen Punkten den Angaben Falkenbergs. Er gibt zu, dass eine ausserhalb der Gefässbündel gelegene, das Dickenwachstum vermittelnde Meristemzone allerdings oft vorkommt, beweist aber, dass bei *Mesembrianthemum emarginatum* L. sich ein zusammenhängender echter Cambiumring um den ganzen Stengel herum bildet. (Falkenberg sagt, die primären Bündel seien geschlossen.) Ausserhalb der primären Bastbündel bildet sich ausserdem noch extrafasciculares Cambium, das mit dem echten in Verbindung tritt. Markstrahlen und Bastfasern fehlen.

Dannemann⁴⁾ hat sich eingehend mit dem Gefässbündelsystem, dem Assimilationssystem, der Anatomie und Entwicklung der Wurzel befasst.

Das vorliegende trockene Material war sehr wenig zu einer mikroskopischen Untersuchung geeignet aus Gründen, die ich schon früher auseinandersetzte. Ich machte also meine Untersuchungen an den frischen Pflanzen, die ich aus den Samen gezogen hatte, wobei ich noch den Vorteil hatte, den primären Bau von Axe und Wurzel gut studieren zu können. Es erübrigte mir nur, die bei den jungen Pflänzchen gemachten Beobachtungen an Schnitten der Droge, so gut es eben ging, nachzuprüfen und eventuell spätere Stadien der Entwicklung zu verfolgen.

¹⁾ L. c. 21.

²⁾ L. c. 3, p. 604 ff.

³⁾ L. c. 45, p. 318.

⁴⁾ L. c. 12.

Ich werde nun zuerst den Bau der Wurzel, dann den der Axe und des Blattes der beiden Arten näher erläutern und dabei die Unterschiede hervorheben.

Wurzel.

Die Wurzel von *Mesembrianthemum expansum* L. ist sofort nach der Keimung viel stärker entwickelt, wie die von *Mesembrianthemum tortuosum* L. Bei jungen, ungefähr sechs Tage alten Pflanzen ist das Würzelchen von *Mesembrianthemum tortuosum* L. im Mittel 0,85 mm, das von *Mesembrianthemum expansum* L. 8,5 mm lang¹⁾. Später verschwindet der Unterschied; bei zwei Monate alten Pflänzchen beider Arten sind die Wurzeln ungefähr gleich stark entwickelt²⁾. Die schwächere Entwicklung der oberirdischen Teile von *Mesembrianthemum tortuosum* L. hat vielleicht ihren Grund darin, dass eben die Pflanze in der ersten Zeit ihrer Entwicklung hauptsächlich die Wurzel verstärkt. Es scheint allerdings, dass das Wachstum bei dieser Art im allgemeinen viel langsamer ist.

Die primären Wurzeln sind typisch diarch. Endodermis und Perizykel treten wenig hervor, unterscheiden sich aber von dem weiter nach aussen liegenden Parenchym der primären Rinde durch die Kleinheit ihrer Zellen; ihre Lage kann auch bestimmt werden durch die primären Siebteile. Danach besteht die Endodermis aus deutlich radial gestreckten Zellen; die des Perizykels sind viel kleiner. Die Endodermis ist verkorkt; sie färbte sich mit Sudanglycerin deutlich rot und mit Osmiumsäure schwarz und zwar, soweit ich an den wenigen verfügbaren Schnitten durch Keimlinge sehen konnte, allseitig. Das Parenchym der primären Rinde, die von der reichlichen Wurzelhaare führenden Epidermis bedeckt ist, besteht aus drei bis vier Schichten grosser runder Zellen³⁾. Die Anzahl der Wurzelhaare bei *Mesembrianthemum expansum* L. ist viel grösser wie bei *Mesembrianthemum tortuosum* L. Letzteres lässt schon in den jüngsten Stadien im Parenchym Oxalat erkennen in kleinen schlank rhomischen Kristallen, die einzelne Zellen dicht erfüllen; bei *Mesembrianthemum expansum* L. treten sie erst später auf. Die Epidermis der Wurzel gibt einen schönen Unterschied zwischen den beiden Arten: Ihre Zellen sind bei *Mesembrianthemum expansum* L. radial gestreckt oder im Querschnitt quadratisch mit kaum stärker verdickter Aussenwand, bei *Mesembrianthemum tortuosum* L. sind sie deutlich radial

¹⁾ Fig. 4 und 5.

²⁾ Fig. 2 und 3.

³⁾ Fig. 14.

gestreckt und die Aussenwand ist stark verdickt¹⁾. Bei *Mesembrianthemum tortuosum* L. ist ferner der Holzteil verhältnismässig stärker entwickelt als bei *Mesembrianthemum expansum* L.

Sehr frühzeitig entsteht am Innenrand der Phloemteile Cambium, das nach innen reichlich Fasern und wenig Gefässe, nach aussen neben Parenchym wenig Siebröhren bildet. Eine Weiterentwicklung dieses Cambiums seitlich über die Phloemteile hinaus findet nicht statt. Gekreuzt mit diesem primären Cambium, also vor den Spitzen des primären Xylems, entsteht weiter aussen in der Rinde ein sekundäres Cambium, das zunächst wie das primäre aus zwei schmalen Platten besteht; nach innen bildet es Xylem, nach aussen vorwiegend Parenchym mit wenig Siebröhren. Später erweitert es sich und durchzieht kreisförmig die ganze Wurzel²⁾. Es bildet aber nach innen nicht immer Xylem, sondern streckenweise Parenchym. Die Stärke des von diesem sekundären Cambium nach innen gebildeten Gewebes ist bei beiden Arten verschieden; bei *Mesembrianthemum tortuosum* L. ist es 6—12, bei *Mesembrianthemum expansum* L. 2—9 Zellen stark.

Später entsteht ausserhalb des sekundären Cambiums ein drittes, tertiäres Cambium, welches nach innen breite Xylembündel und nach aussen Phloem bildet. Die Bündel bleiben zuweilen durch breite Parenchymstreifen unterbrochen³⁾. Dieser Vorgang wiederholt sich, so dass an älteren Wurzeln aus der Droge fünf und mehr Cambien unterschieden werden können⁴⁾.

In älteren Wurzeln sieht man, dass die späteren Cambien vom zweiten ab zuerst nach innen nur Fasern bilden und zwar einen wenig unterbrochenen Ring, der um die ganze Wurzel läuft. Diesem Faserring setzen sich dann die eigentlichen gefässreichen, schmälern oder breiteren Xylemteile auf, und das Phloem sitzt kappenförmig nur auf diesen letztern. Soweit ich gesehen habe, bildet nur das letzte Cambium nach innen ganz vorwiegend Fasern in fast ununterbrochenem Ring und ebenso ununterbrochen nach aussen Phloem⁵⁾, in dem einzeln oder in kleinen Gruppen Fasern und Oxalatzellen mit kurzen Nadeln oder Rhomben hervortreten. Man möchte geneigt sein, diese Fasern im Phloem für Bastfasern zu halten; da aber nach Regnault, Falkenberg, Peterson, De Bary, Dannemann der Gattung *Mesembrianthemum* Bastfasern durchweg fehlen, so wird

¹⁾ Fig. 6 und 7.

²⁾ Fig. 15.

³⁾ Fig. 15.

⁴⁾ Fig. 16.

⁵⁾ Fig. 16.

man ihre Entstehung einem neuen ausserhalb der letzten Phloempartien gelegenen Cambium zuzuschreiben haben, das dann nach innen diese Fasern, also Holzfasern, bildet. Dafür spricht allerdings auch, dass, wenn sie grössere Gruppen bilden, sie von den Gruppen der Holzfasern nicht zu unterscheiden sind.

Axe.

Der Querschnitt der jungen Axe ist gerundet viereckig. Er lässt an zwei einander gegenüber liegenden Stellen den Blättern entsprechend je vier bis fünf schmale, zarte, kollaterale Gefässbündel erkennen. Der decussierten Stellung der Blätter entsprechend werden auf den dazwischen liegenden Seiten die zunächst schwächeren Gefässbündel für die nächstoberen Blätter sichtbar. Die Bündel sind, wie gesagt, schmal, von einander durch breite Platten aus etwas porösen Zellen getrennt. Das Mark ist grosszellig. Es führt, wie die Rinde, Bündel von Raphiden. An der Aussenseite der kleinen Bündel ist eine deutliche Stärkescheide vorhanden.

Die Weiterentwicklung der Axe ist bei beiden Arten nicht identisch. Bei *Mesembrianthemum tortuosum* L. bildet sich zwischen Xylem und Phloem ein Cambium, das nach innen Fasern mit Gefässen, nach aussen Parenchym mit Siebröhren bildet. Das Cambium verbreitert sich seitwärts über die primären Markstrahlen. Es kommt aber nirgends zu einem völlig geschlossenen Cambiumring. Dieses interfasciculäre Cambium bildet nach innen Fasern mit wenig Gefässen, nach aussen Parenchym mit wenig Phloem¹⁾.

Schon frühzeitig entsteht in der primären Rinde an denjenigen Stellen, wo die ersten Gefässbündel zu sehen waren, ein neues Cambium, das sich nach den Seiten verbreitert, aber ebenfalls nie einen völligen Ring bildet, sondern streckenweise unterbrochen ist durch schmälere oder breitere Parenchymstreifen, die von eigentlichen Markstrahlen nicht zu unterscheiden sind. (Ich kann diese Streifen nicht anders wie als Markstrahlen bezeichnen, obschon solche nach den früher schon angeführten Autoren den *Mesembrianthemum* fehlen.) Dieses Cambium bildet nach innen Fasern mit wenig Gefässen, nach aussen Phloem mit wenig Siebröhren. Auf die gleiche Weise entsteht später ein tertiäres Cambium weiter aussen in der Rinde, das gleich fungiert wie das primäre und das sekundäre. Ältere Stadien der Entwicklung habe ich bei meinen jungen, aus Samen gezogenen Pflanzen nicht beobachten können.

¹⁾ Fig. 18.

Bei *Mesembrianthemum expansum* L. entwickelt sich das primäre interfasciculäre Cambium ausserordentlich langsam, so dass die Gefässbündel noch durch breite Parenchymstreifen getrennt sind, wenn das sekundäre Cambium bereits entsteht¹⁾).

Das Dickenwachstum ist bei dieser Art qualitativ gleich wie bei *Mesembrianthemum tortuosum* L.; es sind aber quantitative Unterschiede zu sehen. Wie schon angeführt, ist bei *Mesembrianthemum expansum* L. in der Wurzel die Ausbildung von Xylem spärlicher, was auch in der Axe zum Ausdruck kommt. Das Cambium ist noch häufiger durch Parenchymstreifen unterbrochen, und die Xylembündel sind oft ziemlich unregelmässig zerstreut, so dass die einzelnen Cambiumringe auf Schnitten durch ältere Axen nur mit Mühe unterschieden werden können²⁾).

Ausserdem haben beide Arten rindenständige Gefässbündel, die nach De Bary vom nächsthöheren Internodium herablaufen und in der Rinde blind endigen. Nach Dannemann soll durch sie der Saftstrom in der Rinde des Stengels, der selbst assimiliert, besser reguliert werden.

Blatt.

Die Blätter beider Arten sind breit lanzettlich-zugespitzt, gekreuzt gegenständig, sitzend, ganzrandig, nach unten wenig verschmälert. Die Mitte ragt auf der Unterseite etwas vor, auf der Oberseite ist sie etwas vertieft. *Mesembrianthemum expansum* L. zeigt diese Anordnung deutlicher als *Mesembrianthemum tortuosum* L., welches namentlich in jungen Stadien fleischigere Blätter besitzt. Die Länge der Blätter beträgt bei *Mesembrianthemum expansum* L. 3,7 bis 4 cm, bei *Mesembrianthemum tortuosum* L. 2 bis 2,5 cm, die Breite bei ersterem 1,3 bis 1,6 cm, bei dem zweiten 0,8 bis 1 cm. Das Verhältnis von Breite zu Länge ist bei *Mesembrianthemum expansum* L. 1:2,34, bei *Mesembrianthemum tortuosum* L. 1:2,73. Die Blätter der beiden Arten sind ungefähr gleich dick, 2,5 bis 3,5 mm; bei *Mesembrianthemum tortuosum* L. stehen sie etwas gedrängter. Bei meinen Exemplaren ist die Farbe hellgrün. Auf beiden Seiten treten schon bei der Betrachtung mit blossem Auge unregelmässig in Längsreihen geordnete Papillen stark hervor. Schon beim vierten bis fünften Blattpaar entwickeln sich in der Achsel der unteren Blätter Knospen.

Man kann die Blätter mit Chloralhydrat leicht durchsichtig machen und dann die Nervatur, die in allen Fällen schwach ent-

¹⁾ Fig. 17 und 19.

²⁾ Fig. 20.

wickelt ist, studieren. Ein zarter Mittelnerv durchzieht das Blatt, wird aber gegen die Spitze undeutlich. Jederseits von ihm verlaufen zwei ungefähr gleich starke Nerven etwas weniger regelmässig, treten aber doch so stark hervor, dass man von drei Nerven erster Ordnung sprechen kann. Spärliche Sekundärnerven verlaufen zwischen diesen drei und seltener zum Rand. Die dazwischen liegenden Nerven höherer Ordnung bilden ein ziemlich regelmässiges, weitmaschiges Netz. Ein Randnerv ist ziemlich deutlich ausgeprägt¹⁾.

Über den anatomischen Bau gab die Untersuchung der an der trockenen Droge befindlichen Blätter keinen Aufschluss. Sie liessen die Gefässbündel erkennen, das Gewebe dazwischen war zu einem dünnen Häutchen zusammengetrocknet, das allerdings interessante Inhaltskörper erkennen liess; über die nachher zu sprechen ist. Dagegen liess sich der Bau an den frisch kultivierten Blättern gut, wenn auch nicht eben leicht, studieren, da die ausserordentlich wasser- und schleimreichen Blätter mit ihren sehr dünnwandigen Zellen sich sehr schlecht schneiden liessen. Eine Wasserbestimmung ergab 97,1% Wasser. Die Epidermis der Ober- und Unterseite ist ziemlich gleich gestaltet, Spaltöffnungen finden sich in ungefähr gleicher Zahl auf beiden Seiten. Die Spaltöffnungen sind 35—60 μ lang, 30—35 μ breit. Die Epidermis besteht aus zweierlei Elementen, ausserordentlich grossen, stark papillenartig nach aussen gewölbten Zellen, die als Wasserspeicher fungieren; in der Blattspitze sind sie oft in eine Spitze verjüngt. Dazwischen liegen in schmalen Streifen kleine Epidermiszellen mit Spaltöffnungen. Diese sind ziemlich gestreckt-oval; sie lassen differenzierte Nebenzellen nicht erkennen²⁾. Die Epidermis der jungen Axe ist qualitativ gleich gebaut, quantitativ besteht ein Unterschied darin, dass die kleinen Epidermiszellen viel reichlicher vorhanden und Spaltöffnungen spärlicher sind. Auf den grossen Wasserzellen lässt sich eine Abscheidung von Wachs in Form feiner Stäbchen erkennen, namentlich bei jungen Blättern. Ein ähnliches Auftreten von Wachskörnern auf den Blättern von *Mesembrianthemum speciosum* Haw. erwähnt De Bary³⁾. Die Untersuchung dieses Wachses hat uns später im chemischen Teil noch zu beschäftigen.

Das Mesophyll lässt Palisaden nicht erkennen, es besteht durchweg aus Parenchymzellen, die zahlreiche Interzellularräume zwischen sich lassen. Chlorophyll ist unter beiden Epidermen reichlich vorhanden. Es wird nur gegen die Mitte des Blattes spärlich. Hier

¹⁾ Fig. 9.

²⁾ Fig. 11.

³⁾ L. c. 3, p. 89.

sind reichlich Zellen vorhanden, die schöne Bündel mit Raphiden enthalten. Die Gefässbündel sind klein, kollateral; sie lassen eine Parenchymscheide erkennen¹⁾. Neben Zellen, die dicht mit langen und derben Nadeln (50 bis 80 μ) gefüllt sind, finden sich solche, die Bündel aus viel kleineren Raphiden (12 bis 18 μ) besitzen. Vereinzelt sind auch Einzelkristalle sichtbar.

Während der ganzen Untersuchung des frischen Materials stiess ich von Zeit zu Zeit auf vereinzelte sternförmig in mehreren Etagen verzweigte Haare (Kandelaberhaare)²⁾. Ich legte den Funden zuerst kein Gewicht bei und nahm an, dass sie von vielleicht in der Nähe wachsenden Verbascumarten, von denen mir allerdings nichts bekannt war, stammen möchten, da sie von den Haaren dieser Gattung nicht zu unterscheiden sind. Schliesslich waren die Funde aber so häufig, dass ich doch erwägen musste, ob die Haare nicht von meinen Pflanzen stammten und tatsächlich ist es mir gelungen, dreimal die Haare auf der Epidermis in situ aufzufinden, so dass kein Zweifel darüber ist, dass *Mesembrianthemum expansum* L. an den jungen Blättern und Axen ganz vereinzelt solche Haare trägt. Von einem Nutzen dieser ganz vereinzelt Haare für die Pflanze kann gar keine Rede sein; wenn man aber bedenkt, dass die ganze Abteilung Barbata der Gattung *Mesembrianthemum* aus behaarten Arten besteht, so kann man sich vorstellen, dass die vereinzelt Haare von *Mesembrianthemum expansum* L. Reste einer solchen stärkeren Behaarung sind. Freilich widerspricht dieser Ableitung aus anderen Arten der Gattung *Mesembrianthemum* die Tatsache, dass deren Haare nach Solereder³⁾ einzellig sind, also wahrscheinlich einfache Deckhaare. Eine bessere Anknüpfung gibt die der Gattung *Mesembrianthemum* nahestehende *Glinus Cambessedesii* Fenzl., die nach der Abbildung bei Solereder⁴⁾ Haare trägt, die den von mir gefundenen mindestens ganz ähnlich sind. Ich kann also bei der Deutung dieser, wie ich glaube, interessanten Beobachtung über Vermutungen nicht hinauskommen.

In den Blättern der trockenen Droge fielen neben viel Raphiden reichlich weisse Punkte auf, die sich unter dem Mikroskop als kugelige Gebilde mit kristallinischer Struktur erwiesen. Aussen waren deutlich radial angeordnete Platten erkennbar, während gegen das Zentrum das Bild undeutlich wurde. Ihre Grösse schwankt zwischen weiten Grenzen. Die kleinsten messen 20 bis 30, die grössten über

¹⁾ Fig. 10.

²⁾ Fig. 12.

³⁾ L. c. 54, p. 470.

⁴⁾ L. c. 54, p. 469.

600 μ . An gut aufgehellten Objekten kann man einen deutlicher hervortretenden Rand und eine etwas eingesenkte Mittelpartie erkennen, in der oft mehr oder weniger gut ausgebildete Einzelkristalle auffallen¹⁾. In mit Chloralhydrat aufgeweichten Schnitten zerfallen diese Gebilde oft in viele kleine Bruchstücke, die deutliche radiale Struktur zeigen und aus vielen radial angeordneten Nadeln zu bestehen scheinen. Ich habe sie mikrochemisch untersucht und Magnesium, Phosphorsäure und Zitronensäure darin nachweisen können.

Sie lösen sich allmählich in kalter conc. Schwefelsäure, ohne Gipsnadeln zu bilden, in Salzsäure und Salpetersäure, in den heissen Säuren rascher, ohne sichtbare Reaktion; sie sind ziemlich leicht in warmem Wasser löslich, schwer in Alkohol und gar nicht in Essigsäure und Kalilauge. Mit letzterer tritt bei starker Konzentration (50 %) Aufhellung ein. Beim Glühen auf dem Platinblech verkohlen diese Körper zuerst und hinterlassen schliesslich eine weisse Asche, welche sich langsam in Schwefelsäure löst. Wenn Schwefelsäure einige Stunden nach dem Glühen zugefügt wird, so entwickeln sich lebhaft Gasblasen, was direkt nach dem Glühen nicht der Fall ist. Dies liess auf Magnesium schliessen, welches beim Glühen in Oxyd übergeht und beim Liegen an der Luft wieder allmählich Kohlensäure aufnimmt. Die Erdalkalien, besonders Calcium, die das gleiche Verhalten zeigen, waren ausgeschlossen, da mit Schwefelsäure vollständige Lösung (ohne Gipsbildung) erzielt wurde.

Die Drusen wurden weiter in Wasser gelöst und die oben genannten Bestandteile mit folgenden Reaktionen nachgewiesen:

Citronensäure.

1. Mit Silbernitrat²⁾ entstand eine weisse, flockige Fällung, die beim Erwärmen sich teilweise löste und nach dem Versetzen mit Essigsäure beim Erkalten kleine, linsenförmige Kristalle abschied; daneben waren häufig trübe Kugeln und quadratische Blättchen wahrnehmbar; diese verschiedenen Gebilde sind charakteristisch für Silbercitrat.

2. Mit Wismutnitrat³⁾ entstand zuerst eine flockige Fällung, welche später feinkristallinisch wurde und die für Wismutcitrat charakteristischen Linsen- oder Stäbchen-förmigen Kristalle zeigte.

3. Mit Kupfersulfat 1 % und Kupferacetat 5 %⁴⁾ wurden die

¹⁾ Fig. 13.

²⁾ Behrens l. c. 4, p. 52.

³⁾ Behrens l. c. 4, IV, p. 52.

⁴⁾ Behrens l. c. 4, IV, p. 52.

charakteristischen Sphaerolithen und Sternchen von Kupfercitrat sehr schön erhalten.

4. Mit Denigès' Reagens¹⁾ entstand nach längerem Stehen ein weisser, kristallinischer Niederschlag, der sedimentiert wurde²⁾ und kleine rhombische Kriställchen erkennen liess.

5. Mit Stahre's Reagens³⁾ entstanden zuerst gallertige Fällungen, die später kristallinisch wurden und deutlich die charakteristischen Briefkouvertformen zeigten.

Magnesium.

Zur Prüfung auf Magnesium wurde verascht, in Salzsäure gelöst und mit Natriumphosphat versetzt, nachdem mit Ammoniak alkalisch gemacht worden war. Es entstanden schöne X- und H-förmige Kristalle; in verdünnten Lösungen traten die typischen Sargdeckelformen von Ammonium-Magnesium-Phosphat auf⁴⁾.

Phosphorsäure.

Zum Nachweis von Phosphorsäure wurde der Glührückstand:

1. In Säure gelöst und mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht. Mit Magnesiamischung wurde dann der typische Ammoniummagnesiumphosphatniederschlag erhalten in den vorher angegebenen Formen⁵⁾.

2. In Salpetersäure gelöst. Auf Zusatz von Ammonmolybdat schied sich gelbes kristallinisches Ammoniumphosphormolybdat aus; die kleinen kugeligen Gebilde zeigten unter dem Polarisationsmikroskop ein deutliches Kreuz⁶⁾.

Alle diese Reaktionen wurden mit den betr. Stoffen auf dem Objektträger verglichen.

¹⁾ Treadwell l. c. 59, p. 324. Formel: 5 gr HgO löst man in einer Mischung von 100 ccm H₂O und 20 ccm conc. H₂SO₄. Man versetzt die Citronensäure enthaltende Lösung mit $\frac{1}{20}$ Vol. des obigen Reagens, erhitzt zum Sieden und fügt dann 3–10 Tropfen einer $\frac{1}{10}$ n KMnO₄-Lösung hinzu. Es entsteht sofort eine weisse, kristallinische Fällung.

²⁾ Ich benutzte einen Sedimentierapparat, wie ihn Prof. Dr. C. Hartwich in der „Wochenschrift f. Chem. u. Pharm.“ (Jahrg. 1907, p. 544–51) beschrieb.

³⁾ Treadwell l. c. 59, p. 323 f. Formel: Die Citr.-Säure enthaltende Lösg. wird mit 2–5 Tropf. einer $\frac{1}{10}$ n KMnO₄-Lösg. versetzt und kurze Zeit auf 30 bis 40° erhitzt. Zu der sich allmählich trübenden Lösg. (Braunstein) fügt man 1 bis 2 Tropf. Ammonoxalat hinzu und 1 ccm 10% H₂SO₄, wobei die Flüssigkeit wasserhell wird. Nun setzt man einige Tropf. Bromwasser hinzu, wobei eine deutl. kristallin. Fällung von Pentabromaceton entsteht.

⁴⁾ Behrens l. c. 4, I, p. 43 und Treadwell l. c. 59, p. 59.

⁵⁾ Behrens l. c. 4, I, p. 112 und Treadwell l. c. 59, p. 332.

⁶⁾ Behrens l. c. 4, I, p. 112 und Treadwell l. c. 59, p. 333.

In den frischen Blättern sind diese Sphärite nicht zu sehen; es gelang mir, sie zur Abscheidung zu bringen durch Einlegen der Blätter in Alkohol und zwar nur in den ältesten mir zur Verfügung stehenden Blättern der von mir kultivierten Pflanzen. Sie liegen im Mesophyll.

In der Literatur sind äusserlich ähnliche Drusen in *Mesembrianthemum*arten verschiedentlich erwähnt; soweit die Angaben ein Urteil gestatten, sind sie mit den von mir untersuchten nicht identisch. W. Brenner¹⁾ gibt an, dass bei *Mesembrianthemum curviflorum* Haw. in den Wasserzellen in jugendlichem Zustande oft sphärische Drusen vorkommen, die sich in Essigsäure und kalter Schwefelsäure nicht, wohl aber in heissem Wasser, Alkohol und warmer Schwefelsäure lösen. Angaben über ihre Zusammensetzung macht er nicht. Sie unterscheiden sich von meinen in folgenden Punkten: Sie sind unlöslich in kalter Schwefelsäure, löslich in Alkohol.

Ferner macht L. Kolderup-Rosenvinge²⁾ einige Angaben. Er fand Sphaerokristalle erst, wenn die Pflanzen mehrere Tage in Alkohol gelegen hatten; die Form und Grösse der Kristalle war ziemlich verschieden; sie wurden gefunden in der Epidermis, besonders die Schliesszellen der Spaltöffnungen umgebend, in der Atemhöhle, im grosszelligen Parenchym im Innern der Blätter, rings um die Gefässtränge. Die von ihm untersuchten Kristalle waren chemisch verschieden, einzelne waren in kaltem Wasser sehr leicht löslich, während die meisten darin unlöslich waren, ebenso in Kalilauge, von der sie gelb gefärbt wurden; sie lösten sich in heissem Wasser, Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure, waren unlöslich in Essigsäure und Chlorzinkjod; sie konnten nicht aus Inulin oder Hesperidin bestehen. Positive Angaben über die Zusammensetzung seiner Kristalle macht er nicht. Sie unterscheiden sich von den meinigen teilweise schon durch ihre Lage und Leichtlöslichkeit in kaltem Wasser, während die wenigen Angaben über die in kaltem Wasser unlöslichen in den übrigen Lösungsverhältnissen mit meinen übereinstimmen.

Hansen³⁾ erwähnt Sphärokristalle, die in *Euphorbia Caput Medusae* und anderen Euphorbiaarten sich nach längerem Liegen in Alkohol bilden und die aus Calciumphosphat bestehen. Er fügt bei, dass die unter gleichen Bedingungen entstehenden Sphärokristalle von *Mesembrianthemum*arten die gleiche Zusammensetzung besitzen. Dass diese mit den meinigen ebenfalls nicht identisch sind,

¹⁾ L. c. 9, p. 398.

²⁾ L. c. 36.

³⁾ L. c. 26.

geht daraus hervor, dass sie Calcium enthalten, was meinen fehlt.

Ausser den soeben behandelten Drusen findet man in der ganzen frischen Pflanze, besonders in den Blättern kleine nadelförmige Kristalle; sie sind ziemlich kurz ($12-80\ \mu$) und füllen die Zellen vollständig aus, unterscheiden sich aber von den gewöhnlich als Raphiden bezeichneten Nadeln dadurch, dass nicht ein einziges Bündel aus parallel neben einander liegenden Nadeln die Zelle erfüllt, sondern sie liegen gewöhnlich unregelmässig durcheinander. Es ist ganz gebräuchlich, solche Nadeln für Calciumoxalat zu halten; bei der Untersuchung wird man sich meist darauf beschränken, zu zeigen, dass sie mit konzentrierter Schwefelsäure Gipsnadeln geben, dass sie sich in Essigsäure nicht, in Salzsäure ohne Kohlensäureentwicklung lösen. C. Wehmer¹⁾ macht aber darauf aufmerksam, dass Calciumoxalat sowohl im makro- wie im mikrochemischen Versuche nie in Nadeln oder ähnlichen Gebilden, sondern immer in Körnchen, Doppelpyramiden oder Drusen kristallisiert. Noch ganz neuerdings bezweifelt weiter Tunmann²⁾, ob die Raphiden stets aus oxalsaurem Kalk bestehen. Er wirft, wie Wehmer, die Frage auf, ob es nicht Calciumcitrat sei. Ich habe daraufhin die Raphiden in meinen Pflanzen untersucht, ob sie aus Calciumoxalat bestehen, bin allerdings zu keinem ganz abschliessenden Resultate gekommen, weil ihre Isolierung in genügender Menge, was für saubere mikrochemische Versuche nötig gewesen wäre, schwierig war. Wenn man die Blätter mit wenig Wasser zerreibt und dann mit mehr Wasser im Sedimentierapparat absetzen lässt, so erhält man freilich zu unterst reichlich Raphiden, aber doch mit viel Pflanzenresten vermischt. Durch mehrmaliges Sedimentieren unter Zusatz von Glycerin, um das spezifische Gewicht der Flüssigkeit zu erhöhen, konnte allerdings ein Teil der Verunreinigungen noch entfernt werden. Bei der Untersuchung stellte sich folgendes heraus:

Die Nadeln sind unlöslich in kaltem und in heissem Wasser, unlöslich in Essigsäure, auch bei längerem Kochen; sie sind sehr leicht löslich in verdünnten Mineralsäuren ohne Gasentwicklung. In starker Kalilauge werden die Nadeln allmählich korrodiert, nach einiger Zeit bilden sich schön ausgebildete sechseckige Täfelchen. Diese Löslichkeitsverhältnisse sprechen doch am ehesten für Calciumoxalat. Jedenfalls ist Citronensäure, von der C. Wehmer sagt, dass sie bei weiteren Untersuchungen wohl sehr häufig an Stelle von

¹⁾ L. c. 64, p. 338 ff.

²⁾ L. c. 61, p. 136 ff.

Oxalsäure treten werde, wegen der vollständigen Unlöslichkeit der Nadeln in Essigsäure, ausgeschlossen.

Die Nadeln lösten sich ohne Aufbrausen in konzentrierter Schwefelsäure unter Bildung von typischen Gipskristallen, die auf Zusatz von Baryumchlorid undurchsichtig wurden, indem sich eine Schicht von Baryumsulfat darauf absetzte¹⁾. Wenn ich die Nadeln in verdünnter Salzsäure löste, mit Lauge neutralisierte und mit Essigsäure schwach ansäuerte, entstand auf Zusatz von Oxalsäure eine feinkristallinische Fällung von quadratischen Doppelpyramiden aus Calciumoxalat²⁾. Die obige Lösung gab auf Zusatz von Seignettesalz nach einiger Zeit gut ausgebildete Kristalle von Calciumtartrat³⁾.

Mit diesen Reaktionen war Calcium sicher nachgewiesen.

Die speziellen Reaktionen auf Oxalsäure waren in zwei Fällen deutlich, die übrigen Reaktionen blieben aus.

Mit Calciumnitrat traten in der schwach salpetersauren Lösung nach einiger Zeit kleine Kriställchen mit oben angesetzter Pyramide, ähnlich Calciumoxalat, auf⁴⁾.

Bleiacetat gab eine deutliche Fällung von kleinen Kreuzchen und Stäbchen⁵⁾.

Folgende Reaktionen auf Oxalsäure waren negativ:

Fällung als Calciumbioxalat, als Natriumoxalat, als Silberoxalat, als Strontiumoxalat⁶⁾.

Die Anwesenheit von Oxalsäure liess sich also mit Sicherheit nicht nachweisen.

Ich habe dann weiter untersucht auf Traubensäure, Äpfelsäure, Weinsäure.

Traubensäure war am ehesten zu erwarten, da ihr Calciumsalz ähnliche Löslichkeit zeigt, wie die in Frage stehenden Nadeln. Folgende Reaktionen zeigten aber deutliche Unterschiede: mit Calciumchlorid wurde eine Fällung von Nadeln und deutlich ausgebildeten Rhomben erhalten; die Fällung mit Bleiacetat zeigte ebenfalls schön ausgebildete rhombische Kristalle.

Ich habe ferner, einer Empfehlung von Tunmann folgend, versucht, die Säure durch Mikrosublimation⁷⁾ zu konstatieren. Ich zerrieb die Nadeln mit wasserfreier Phosphorsäure, um die organische Säure beim Erhitzen aus dem Salze frei zu machen. Bei einer Temperatur

¹⁾ Tunmann l. c. 61, p. 117.

²⁾ Behrens l. c. 4, I, p. 71.

³⁾ Behrens l. c. 4, I, p. 70.

⁴⁾ Behrens l. c. 4, IV, p. 42.

⁵⁾ Behrens l. c. 4, IV, p. 42.

⁶⁾ Behrens l. c. 4, IV, p. 40, 41, 42.

⁷⁾ Es wurde ein Apparat benutzt, wie er von Dr. R. Eder angegeben wird l. c. 18.

des äusseren Bades von etwa 130° bildete sich das erste Sublimat in Tröpfchenform, und auch die späteren Sublimate erschienen nur in dieser Form. Eine Identifizierung der Sublimate gelang nicht.

Die makrochemischen Untersuchungen von *Mesembrianthemum* und zwar speziell von *Mesembrianthemum crystallinum* L. geben auch keinen Anhalt, welche Säure in den Nadeln etwa vorliegen könnte. André¹⁾ hat Äpfelsäure und Oxalsäure nachgewiesen, Zitronensäure zweifelhaft, Weinsäure fehlt. Berg und Gerber²⁾ haben ebenfalls Äpfelsäure und Oxalsäure, ausserdem Zitronensäure und Phosphorsäure nachgewiesen. Nach meiner Untersuchung liegen Äpfelsäure, Zitronensäure und Phosphorsäure nicht vor; vielleicht Oxalsäure.

Chemischer Teil.

Über das wirksame Prinzip der Droge liegen bis jetzt nur wenige Angaben vor. J. Meiring³⁾ gewann ein Alkaloid auf folgende Weise:

Mit Wasser wurde eine starke Abkochung der getrockneten Pflanze gemacht, filtriert und konzentriert. Dann wurde mit Bleiacetat und Bleisubacetat Gerbsäure etc. gefällt und filtriert. Das Filtrat wurde mit Ammoniak alkalisch gemacht (wobei ebenfalls eine Fällung entstand, von der abfiltriert wurde), das Blei mit Schwefelwasserstoff entfernt, auf dem Dampfbade konzentriert, mit verdünnter Schwefelsäure angesäuert und mit Mayers Reagens (Quecksilberjodid — Kaliumjodid) gefällt. Der ausgewaschene Niederschlag wurde in Wasser suspendiert und mit Schwefelwasserstoff das Quecksilber ausgefällt. Nun wurde das alkalisch gemachte Filtrat mit Chloroform und Äther (3 + 1) ausgeschüttelt. Die verdampfte Alkaloidlösung hinterliess einen amorphen Rückstand; die gewöhnlichen Fällungsreagentien auf Alkaloide gaben mit der schwach sauren, wässrigen Lösung eine Fällung oder Trübung. Die Base selbst war amorph.

Ich verarbeitete zuerst 3 kg des pulverisierten Rohmaterials, aus dem fremde Pflanzenteile sorgfältig ausgelesen waren, das aber noch Erde und Sand enthielt, da sich bei grösseren Mengen eine vollständige Abtrennung derselben von der Pflanze als unmöglich zeigte. Immerhin ergab die Sandbestimmung bei einer kleineren Probe 38,4 %, so dass den 3 kg ungefähr 1,850 kg reinen Materials entsprechen.

¹⁾ Compt. rend. 1905 140, 1708; 1906 142; 902; Berthelot und André in Compt. rend. 1886; 102, 1043 in Wehmer l. c. 63, p. 188.

²⁾ Bull. soc. chim. 1896 15, 1050 in C. Wehmer l. c. 63, p. 188.

³⁾ L. c. 43.

Ein Vorversuch zeigte, dass das Alkaloid nicht flüchtig ist. 20 Gramm der gepulverten Droge wurden mit Kalkwasser angerührt und im Dampfstrom destilliert. Das farblose, sehr schwach alkalisch reagierende Destillat gab keine Reaktion auf Alkaloid. Auf Zusatz von Natronlauge destillierte eine stärker alkalische Flüssigkeit (infolge Entstehung von Ammoniak aus faulender, stickstoffhaltiger Substanz), die aber ebenfalls keine Alkaloidreaktionen gab.

Zur Isolierung des Alkaloids arbeitete ich nach folgender Methode: Das Pulver wurde in einer grossen Schale mit $1\frac{1}{2}$ Liter einprozentiger Salzsäure befeuchtet, zwölf Stunden lang bedeckt stehen gelassen, durch ein Sieb geschlagen und in einen Perkulator gefüllt. Dann wurde solange mit einprozentiger Salzsäure übergossen, bis unten die Flüssigkeit abzufließen begann, zwei Tage stehen gelassen und nachher perkoliert, bis ein Tropfen der zuletzt abfliessenden Anteile nur noch eine minimale Trübung mit Mayers und Dragendorffs Reagens gab. Nun wurde der Perkulator entleert und eine Probe des Pulvers wieder auf Alkaloid geprüft. Ich erhielt in der Ausschüttelung mit salzsäurehaltigem Wasser noch eine ziemlich starke Reaktion mit den genannten Alkaloidreagentien. Deshalb wurde die ganze Masse von neuem mit Wasser angerührt und in einem Spitzbeutel mehrmals ausgepresst, bis die abfliessende Flüssigkeit nur noch Spuren von Alkaloid enthielt. Die vereinigten Auszüge wurden filtriert, die Säure mit Soda abgestumpft und alles auf dem Wasserbade abgedampft. Die stark braunen Rückstände wurden mit gereinigtem Seesand verrieben und nach Zusatz von Weinsäure mit heissem Alkohol erschöpft. Das Alkaloid ging dabei als weinsaures Salz in den Alkohol über. Die filtrierte Lösung wurde in einer Porzellanschale bis fast zur Trockene verdampft, der Rückstand mit Wasser verrührt, wobei eine starke Fällung (Harz, Fett) entstand, die abfiltriert und gut ausgewaschen wurde. Die wässrige Lösung wurde wieder eingedampft bis zur Sirupdicke und wieder mit Alkohol tüchtig verrührt, wobei Eiweisstoffe, Albumosen, dextrinartige Stoffe etc. zurückblieben. Die filtrierte Lösung wurde auf dem Dampfbade nochmals konzentriert und der Rückstand mit Wasser aufgenommen. Auf diese Weise erhielt ich eine schwach braun gefärbte, weinsaure Alkaloidlösung.

Die Lösung wurde mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht und mit Chloroform ausgeschüttelt. Nach vielleicht zwanzigmaliger Wiederholung dieser Operation ging nur noch ganz wenig Alkaloid in das Chloroform über, während die wässrige Lösung noch ziemlich starke Reaktion zeigte. Die Lösung wurde also konzentriert und weiter mit Chloroform ausgeschüttelt, wobei wieder grössere Mengen

Alkaloid übergangen. Vollständige Erschöpfung der wässerig-alkalischen Lösung wurde nicht erreicht. Die Chloroformlösung wurde stark konzentriert und dann mit $\frac{1}{2}$ prozentiger Salzsäure mehrmals ausgeschüttelt, wobei nach der Erschöpfung des Chloroforms in diesem ziemlich viel färbende Bestandteile zurückblieben. Diese salzsaure Lösung des Alkaloids war aber doch noch zu stark braun gefärbt und musste daher weiter gereinigt werden. Zu diesem Zwecke mussten verschiedene Methoden durchprobiert werden, die zuerst kein befriedigendes Resultat gaben. So wurde

1. Ein Teil der Lösung mit Bleiessig ausgefällt, um Farbstoffe, Gerbstoffe etc. zu entfernen, das entbleite Filtrat zur Trockene verdampft und der Rückstand mit absolutem Alkohol extrahiert. Nach dessen Verdampfung wurde mit fünfprozentiger Schwefelsäure aufgenommen und diese Lösung mit Phosphorwolframsäure gefällt. Der Niederschlag wurde getrocknet und mit Wasser aufgenommen, mit Baryt versetzt, wieder vom Niederschlage abfiltriert und der überschüssige Baryt mit Schwefelsäure quantitativ gefällt. Das Filtrat wurde nun mit Pikrolonsäure gefällt, wobei es aber nicht gelang, das Alkaloid vollständig an diese Säure zu binden. Dann wurde versucht, die überschüssige Pikrolonsäure durch Ausschütteln mit Äther zu beseitigen. Dabei löste sich ein grosser Teil des Niederschlages, und erhebliche Mengen Alkaloid gingen in den Äther über. (Siehe unten: Geringe Basizität.) Ich überzeugte mich, dass nach dieser Methode eine Abscheidung des Alkaloides nicht angängig sei und die Methode wurde nicht weiter benutzt.

2. Versuche, das Alkaloid mit Dragendorffs Reagens (Wismutjodid — Jodkalium) und anderen Alkaloidfällungsmitteln zu isolieren, hatten ebenfalls schlechten Erfolg. Der mit dem Reagens erhaltene Niederschlag musste mit Natronlauge und Soda zersetzt und das Alkaloid mit Chloroform ausgeschüttelt werden, wobei ich eine sehr schlechte Ausbeute erhielt. Vielleicht war durch das starke Alkali das Alkaloid zum Teil zerstört.

3. Versuche, die Lösung mit Tierkohle zu entfärben, gelangen freilich, aber die Kohle nahm auch erhebliche Mengen Alkaloid auf, das ich durch Auskochen wieder gewinnen musste, wobei die färbenden Bestandteile wieder gelöst wurden.

4. Versuche, ein gut kristallisierendes Alkaloidsalz zu erhalten, hatten keinen besseren Erfolg; das Sulfat, das sternförmig gruppierte Nadeln bildet, löste sich in verschiedenen Lösungsmitteln sehr leicht. Ebenso gelang es nicht, das jodwasserstoffsäure Salz, das Nitrat, das Acetat, das Oxalat (in ätherischer Lösung) etc. leicht zu erhalten. Zum Beispiel wurde das salzsaure Salz in Alkohol gelöst und Äther

zugefügt, bis eine Trübung entstand, die mit Alkohol wieder fortgenommen wurde. Es schieden sich braune, nicht kristallinische Massen ab. Diese Versuche scheiterten vermutlich an der geringen Basizität des Alkaloids, wofür ich auch sonst Anzeichen erhalten habe.

5. Versuche, die reine Base kristallinisch zu erhalten, führten ebenfalls nicht zum Ziel; alle Fällungen und Rückstände waren amorph. Beim Vermischen der Chloroformlösung mit Äther (in dem sich das Alkaloid schwerer wie in Chloroform löst) bis zur Trübung wurden gelbbraune Flocken erhalten, die sich bald dunkler färbten und sich an den Gefässwänden festsetzten. Durch Ausfällen der Ätherlösung mit Petroläther, Benzol, der Acetonlösung durch Petroläther, Tetrachlorkohlenstoff etc. wurden ebenfalls keine Resultate erzielt.

6. Ich habe dann versucht, aus den Rückständen das Alkaloid durch Sublimation zu gewinnen, indem ich orientierende Versuche im luftverdünnten Raum nach Eder¹⁾ machte. Es wurden Sublimate erhalten, die aber niemals kristallinisch waren, sondern nur tröpfchenförmig und amorph, und die auch später nicht kristallinisch wurden. Dass hierbei wirklich das Alkaloid sublimierte, ging daraus hervor, dass die Tröpfchen mit Mayers Reagens sehr starke Fällung gaben. Bei 130° Badtemperatur entstand der erste Anflug, bei 145° war er deutlich und bei 175° wurde die Mikrosublimation unterbrochen.

Mit folgender Methode konnte ich das Alkaloid am reinsten erhalten: Die Chloroformlösung der Base wurde verdampft, der Rückstand mit gereinigtem Seesande verrieben, nochmals im Vacuum bei 40–50° getrocknet und diese Masse im Soxleth mit absolut wasserfreiem Äther extrahiert. In die schwach gelb gefärbte ätherische Lösung wurde ganz trockenes Salzsäuregas geleitet. Nach einigen Minuten entstand ein gelblich-weisser, flockiger, sehr voluminöser Niederschlag des salzsauren Salzes. Nachdem die Lösung mit Salzsäure gesättigt war, wurde der Niederschlag abfiltriert und mit trockenem Äther ausgewaschen. Der Filtrerrückstand war zuerst fast weiss, wurde aber innerhalb weniger Minuten gelb und feucht und zerfloss zuletzt zu braunen Tröpfchen. Das Filtrat gab nach dem Verdunsten des Äthers nur eine schwache Reaktion mit Mayer und Dragendorff; die Fällung war also fast vollständig. Um die Einwirkung der Luft und der Feuchtigkeit auszuschalten, filtrierte ich eine zweite Fällung in Kohlensäureatmosphäre, erhielt aber kein merklich besseres Resultat.

¹⁾ L. c. 18.

Ich versuchte ferner die Fällung mit einer andern Säure, mit trockener Salpetersäure; ich erhielt einen flockigen, etwas stärker gelb gefärbten Niederschlag, der weniger rasch braun wurde. Die Fällung war aber viel weniger vollständig, da das Filtrat noch eine sehr starke Alkaloidreaktion gab.

Weniger hygroskopisch erhielt ich die Fällung durch Einleiten von wasserfreier Essigsäure in die ätherische Lösung des Alkaloids; das Filtrat gab aber ebenfalls starke Alkaloidreaktion.

Mit Petroläther oder Chloroform als Lösungsmittel, in welche dann die verschiedenen gasförmigen Säuren eingeleitet wurden, erhielt ich keine wesentlich verschiedenen Resultate.

Ich machte bei diesen Versuchen folgende Beobachtung: Der mit Aether gut ausgewaschene Niederschlag des salzsauren Salzes roch beim Trocknen an der Luft oder im Exsiccator deutlich nach Salzsäure unter gleichzeitiger Dunkelfärbung und Zerfliessen, woraus ich schloss, dass das Alkaloid sehr schwach basische Eigenschaften besitzt, so dass sogar Salze mit den stärksten Säuren nicht beständig sind. Die Braunfärbung wäre dann also bedingt durch den allmählichen Verlust der Salzsäure und die zuletzt bleibende braune Masse wäre nicht das Salz, sondern die Base selbst (zum Teil). Durch diese Beobachtung wurde die schon geäusserte Vermutung der sehr schwachen Basizität des Alkaloids bestätigt.

Da die Fällung mit trockener Salzsäure am vollständigsten und am bequemsten war, verarbeitete ich die Hauptmenge meines Alkaloids nach dieser Methode, löste den Filtrerrückstand, bevor er braun wurde, in Wasser, machte mit Ammoniak schwach alkalisch und schüttelte mit Aether aus. Von diesem Aetherauszug wurde der Aether abdestilliert, der Rückstand ganz zur Trockene verdampft, mit Seesand verrieben und schliesslich nochmals mit trockenem Aether extrahiert. Die nach dem Abdestillieren des Aethers erhaltenen amorphen, gelbbraun gefärbten Rückstände dienten für die weiteren Untersuchungen als Grundlage; es waren ungefähr 2 gr.

Alle weiteren Bemühungen, das Alkaloid reiner zu erhalten, hatten kein Resultat. Mit Rücksicht auf die geringe Menge des mir zur Verfügung stehenden Materials musste ich damit auch sehr sparsam sein.

Löslichkeit des Alkaloids.

Es ist leicht löslich in Chloroform, Alkohol, Aceton, schwerer löslich in Aether, noch schwerer in Petroläther, Benzol; wenig löslich in Wasser und in Alkalien.

Farbreaktionen ¹⁾.

1. Conc. H_2SO_4 : Lösung gelbbraun, beim Erwärmen bräunlich rosa.
2. Conc. HNO_3 (Sp. G. 1. 4): schwach hellgelb, geringe Aufhellung beim Erwärmen. Bei wiederholtem Eindampfen mit der Säure bleiben farblose, nicht deutlich ausgebildete Kristalle zurück, die keine Alkaloidreaktion mehr geben.
3. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (Erdmann): hellgelbbraun, beim Erwärmen dunkler mit Rosastich, der allmählich unter Aufhellung der Lösung verschwindet.
4. Molybdän — H_2SO_4 (Fröhde): grünlich gelb, beim Erwärmen mehr braun. Beim Erkalten schön blauer Rand, der allmählich breiter wird; zuletzt wird die ganze Lösung blau. Die Blaufärbung bleibt tagelang bestehen. Beim nochmaligen Erwärmen wird die Lösung olivgrün, beim Erkalten wieder blau. Diese Reaktion beruht auf den reduzierenden Eigenschaften des Alkaloids, indem die Molybdänsäure zu niedrigeren Oxydationsstufen reduziert wird.
5. Vanadin — H_2SO_4 (Mandelin): braunrot mit Stich ins Grüne; beim Erwärmen tritt die grüne Farbe deutlicher hervor; nach 24 Stunden rein hellgrün.
6. Arsen — H_2SO_4 ²⁾: kalt: hellgelb; warm: gelb.
7. Selen — H_2SO_4 ³⁾: kalt: orange gelb; warm: stärkere Färbung; beim Erkalten Rotfärbung und roter Niederschlag (Selen).
8. Ammoniumpersulfat — H_2SO_4 : kalt: hellgelb; warm: farblos.
9. Benzaldehyd — H_2SO_4 (Melzer): gelb, dann orange, etwas stärker als der blinde Versuch.
10. Formalin — H_2SO_4 : schwach rötlichgelb; beim Erwärmen deutlicher.
11. Reaktionen nach H. Brunner:

	Chloral	Bromal	Paraldehyd	Furfurol
kalt:	hellgelb	hellgelb	gleich wie der	gleich wie der
warm:	gelb-rosa	gelb-rosa	blinde Versuch	blinde Versuch.
12. Kaliumbichromat + H_2SO_4 : braunrot, nach einigen Stunden hellgrün.
13. Conc. HCl : kalt und warm hellgelb, beim Eindampfen bleibt ein kristallinischer Rückstand, der auch nach mehrmaligem Eindampfen mit HCl noch schwache Alkaloidreaktion gibt. (Unterschied von der HNO_3 -Reaktion.)

¹⁾ Nach Baumert L. c. 2, und Gadamer L. c. 22, und Autenrieth L. c. 1, wenn nicht speziell der Autor erwähnt wird.

²⁾ Nach Rosenthaler und F. Türk in Baumert L. c. 2, p. 336.

³⁾ Nach Mecke in Baumert L. c. 2, p. 337.

14. Eisenchlorid: Undeutliche Phenolreaktion.
15. Millons Reagens¹⁾: Sehr schwache Rosafärbung (ebenfalls Phenolreaktion).
16. Diazobenzolsulfosäure²⁾: Dunkelorange-Rotfärbung.
17. Eindampfen mit Bromwasser und Befeuchten mit Ammoniak: negativ.
18. Rohrzucker und conc. H_2SO_4 : negativ.
19. Vitalische Probe³⁾: negativ⁴⁾.
20. Jodsäureprobe: sofort schwache Violettfärbung des Chloroforms, deutliche Färbung nach einer halben Stunde.
21. Cersulfat — H_2SO_4 : gelbbraun, Stich ins Rötliche; warm deutlicher.
22. Husemann⁵⁾: negativ⁶⁾.
23. Ferricyankaliumprobe: hellgrün, allmählich dunkelgrün, Mischfarbe zwischen blau und grün, beim Erwärmen deutliche Blaufärbung mit blauem Niederschlag.
24. Silbernitrat: Ammoniakalische Silbernitratlösung wird vom Alkaloid reduziert bei einstündigem Erhitzen auf dem Wasserbad zu schwarzgrauem Silber. Dieses wurde folgendermassen nachgewiesen: filtrieren, auswaschen, auflösen in warmer HNO_3 und fällen mit Natriumchlorid, wobei deutliche flockige Trübung entstand.
25. Permanganatreaktion: Die wässerigschwefelsaure Lösung entfärbt viel Permanganat. Es entwickeln sich dabei Bläschen (CO_2), und die zurückbleibende Lösung gibt keine Alkaloidreaktion mehr.
26. Pikraminsäurereaktion⁷⁾: negativ.

Von diesen Reaktionen traten reichlich solche auf, die auf eine Reduktion zurückzuführen sind, woraus auf ungesättigten Charakter des Alkaloids geschlossen werden darf. Weniger deutlich waren Phenolreaktionen. Reduktionsreaktionen sind: 4, 5, 7, 12, 20, 23, 24, 25. Phenolreaktionen sind: 14, 15, 16.

¹⁾ Auflösen von Quecksilber im gleichen Gewicht rauch. HNO_3 und Verdünnen mit dem doppelten Vol. Wasser. (Nach Ph. H. IV. L. c. 46.)

²⁾ Nach Burian in Berichte d. deutschen chem. Ges. 37, 708; C. 1904. I. 1560.

³⁾ Eindampfen mit einigen Tropfen rauch. HNO_3 ; Rückstand mit einigen Tropfen alkohol. Kalilauge aufnehmen.

⁴⁾ Atropin, Hyoscyamin, Scopolamin, Strychnin und Veratrin geben dabei vorübergehend schön violette Färbung.

⁵⁾ Mit conc. H_2SO_4 eine halbe Stunde auf dem Wasserbad erhitzen, dann einen Tropfen conc. HNO_3 zufügen.

⁶⁾ Bei Gegenwart von Morphin tritt zuerst rotviolette, dann blutrote Färbung auf, die schliesslich verblasst.

⁷⁾ Mit gelbem Ammonsulfid zeigt sich bei Rotfärbung Pikrinsäure an.

Interessant war die Reaktion mit Diazobenzolsulfosäure, die auf Gegenwart von Phenolen, aber auch auf Imidazolderivate schliessen liess. Ich glaubte anfänglich, hier einen Hinweis zu bekommen auf die Struktur des Alkaloids. Bekanntlich leitet sich das Pilocarpin vom Imidazol ab und da Meiring sagt, dass er bei den von ihm injicierten Tieren (Fröschen) Feuchtigkeit auf der Haut beobachtet habe, so schien diese Beobachtung sich mit der meinigen zu decken, da ja Pilocarpin schweisstreibend wirkt. Die Meiringsche Beobachtung wurde aber von Herrn Prof. Dr. Cloetta, auf dessen Untersuchungen ich später zu sprechen komme, nicht bestätigt. Übrigens tritt die Reaktion mit Diazobenzolsulfosäure auch sehr schön bei anderen Alkaloiden, z. B. Morphin, auf, die nicht zu den Imidazolderivaten gehören, so dass der anfängliche Schluss auch dadurch hinfällig wurde. Die Reaktion wird nämlich auch gegeben von den Phenolen, die mit der OH-Gruppe unter Farbstoffbildung kuppeln. Dass bei meinem Alkaloid das letztere zutrifft, ist wahrscheinlicher, da dessen merkliche Löslichkeit in Alkalien für das Vorhandensein von OH-Gruppen spricht. Immerhin muss ich hier noch einmal darauf aufmerksam machen, dass andere Phenolreaktionen nur undeutlich erhalten wurden.

Von den Reaktionen, die ich erhalten habe, ist am typischsten die mit Vanadinschwefelsäure. Man wird sie mit Vorteil benutzen können, um das Alkaloid nachzuweisen. Viel weniger beweisend ist die Blaufärbung mit Molybdänschwefelsäure, die ja sehr häufig beobachtet wird.

Fällungsreaktionen¹⁾.

Die genaue Grenze, wo noch Fällung entsteht, sollte nicht festgestellt werden, weil dabei zu viel Material verbraucht worden wäre. 0,01 gr. der Base wurde in 10 cem 1-prozentiger Schwefelsäure gelöst und so eine Alkaloidlösung von 1:1000 erhalten. Mit dieser Lösung wurden die unten stehenden Reaktionen ausgeführt. Für jede Probe wurden ein Tropfen Alkaloidlösung und ein Tropfen des Reagens getrennt auf ein Uhrglas gebracht und vorsichtig ineinanderfliessen gelassen.

Einfache Säuren:

1. Gerbsäure: weisse, flockige Fällung, löslich im Überschuss.
2. Pikrinsäure: gelblichweisse, flockige Fällung, unlöslich im Überschuss, beim Erwärmen braun werdend und sich lösend; beim Erkalten fallen wieder Flocken aus.

¹⁾ Nach Gadamer l. c. 22, p. 481 ff.

3. Pikrolonsäure: gelbliche, flockige Fällung, unlöslich im Überschuss.
4. Rhodanwasserstoffsäure: geringe, weissflockige Fällung, unlöslich im Überschuss.
5. Natriumsulfantimoniat: braunrote, flockige, starke Fällung, amorph.
6. Quecksilberchlorid: schwache, gelblich-weiße, amorphe Fällung.

Komplexe Säuren:

7. Jodjodkalium: braune Fällung, löslich im Überschuss.
8. Chlorjod (Dittmars Reagens): starke, gelbweiße, flockige Fällung, unlöslich im Überschuss.
9. Brombromkalium: gelber, flockiger Niederschlag, unlöslich im Überschuss.
10. Phosphormolybdänsäure (Sonnenschein): starke, gelbweiße, flockige Fällung, unlöslich im Überschuss.
11. Phosphorwolframsäure (Scheibler): gelblich-weiße, flockige Fällung.
12. Siliciumwolframsäure: weiße, flockige Fällung, unlöslich im Überschuss.
13. Borowolframsäure: weiße, flockige Fällung, unlöslich im Überschuss.
14. Cadmiumjodid-Jodkalium (Marmé): weiße, flockige Fällung, unlöslich im Überschuss.
15. Quecksilberjodid-Jodkalium (Mayer): weiße, flockige Fällung, amorph., beim Erwärmen braun werdend und zusammensinternd.
16. Wismutjodid-Jodkalium (Dragendorff): dunkelrote, flockige Fällung, allmählich heller werdend.
17. Zinkjodid-Jodkalium: gelbweisser, flockiger, amorpher Niederschlag.
(Zinkjodid: gelber, flockiger Niederschlag.)
18. Goldchlorwasserstoffsäure (Auronatriumchlorid): gelbweiße, flockige, amorphe Fällung.
19. Platinchlorwasserstoffsäure: gelbweiße, flockige, amorphe Fällung.
20. Ferrocyanalkalium: schwache Trübung, bei mehreren Tropfen gelbflockige, amorphe Fällung.
21. Ferricyanalkalium: schwache Trübung, bei mehreren Tropfen gelbflockige, amorphe Fällung.
22. Kaliumplatincyankür: gelbweiße, flockige, amorphe Fällung.

Es konnte nirgends kristallinische Fällung nachgewiesen werden, was auch zu erwarten war, da gewöhnlich nicht gut kristallisierende Alkaloide auch amorphe Fällungen geben.

Wie ich schon sagte, habe ich darauf verzichtet, die Reaktionsgrenzen festzulegen. Ich habe aber gesehen, dass die Fällung mit Dragendorffs Reagens in schwach schwefelsaurer Lösung von allen am stärksten war. Sie wird sich daher für den Nachweis empfehlen.

Stickstoffbestimmung.

Der Stickstoff wurde qualitativ nach Castellana nachgewiesen: wenige mgr. des Alkaloides wurden in einem Glühröhrchen erhitzt, nachdem sie vorher gut mit einem Gemisch von Kaliumcarbonat und Magnesiumpulver gemengt worden waren. Dann wurde in Wasser gelöst, mit einigen Tropfen kaltgesättigter Ferrosulfatlösung und einem Tropfen Ferrichlorid versetzt und gekocht. Nach dem Erkalten wurde mit wenig Salzsäure angesäuert, wobei eine schwachgrüne Färbung eintrat, die rasch blau wurde und schliesslich Flocken von Berlinerblau abschied.

Quantitativ wurde die Bestimmung im geschlossenen Verbrennungsrohr nach Dumas ausgeführt; als Kohlensäuregenerator wurde Magnesit verwendet.

I. Bestimmung. Substanz: 0.19555 gr.
Anzahl ccm N: 8.2 ccm.
Temperatur: 19°.
Barometerstand: 737 mm.
 $N = 4.754\%$.

II. Bestimmung. Substanz: 0.2023 gr.
Anzahl ccm N: 9.00 ccm.
Temperatur: 19°.
Barometerstand: 725 mm.
 $N = 4.96\%$.

Mittel aus Bestimmung I und II: 4.857% N.

Elementaranalyse.

I. Bestimmung. Substanz: 0.1695 gr.
 CO_2 : 0.4004 gr.
 H_2O : 0.1017 gr.
Gehalt an C: 64.45% .
Gehalt an H: 6.71% .

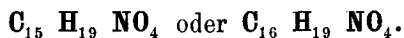
II. Bestimmung.	Substanz:	0.1754 gr.
	CO ₂ :	0.4155 gr.
	H ₂ O:	0.1076 gr.
	Gehalt an C:	64.605%.
	Gehalt an H:	6.862%.
Mittel aus Bestimmung I und II:	64.527% C.	
	6.786% H.	

4.857% N.
 64.527% C.
 6.786% H.

 76.170

23.83% O. aus der Differenz der Summen der andern
 zu 100 berechnet.

Aus diesen Resultaten berechnet sich die Formel:



Wenn man in Betracht zieht, dass bei den Verbrennungen gewöhnlich zu wenig C und zu viel H gefunden wird, so dürfte die letztere Formel die richtige sein.

Molekulargewichtsbestimmung.

Die Bestimmung wurde im Beckmann'schen Apparat für Gefrierpunktserniedrigung ausgeführt. Wegen Mangels an Substanz wurde die Gefrierpunktserniedrigung nur mit einem Lösungsmittel bestimmt und zwar mit Eisessig. Das Alkaloid löste sich darin mit braunroter Farbe und zeigte braune Fluorescenz.

Substanz: 0.1239 gr.

Eisessig: 16.163 gr.

Gefrierpunktserniedrigung: 0.092°.

(Mittel aus fünf Bestimmungen.)

Molekulargewicht: 317.46.

Das Molekulargewicht von $\text{C}_{16} \text{H}_{19} \text{NO}_4$: 289.142.

Das Molekül des Alkaloids ist also als einfach anzunehmen. Wenn man berücksichtigt, dass der Körper nicht ganz rein war, so muss man sich mit diesem Resultat zufrieden geben.

Schmelzpunkt der Base.

16 Stunden im Vacuumexsiccator getrocknet: Beginn des Schmelzens bei 86°, vollständig geschmolzen bei 93°.

Ich nenne das Alkaloid **Mesembrin**.

Der Sitz des Alkaloids scheinen hauptsächlich die den Xylemteilen benachbarten Partien zu sein; die ausgeführten Versuche waren

aber nicht ganz einwandfrei, wahrscheinlich, weil der Gehalt der Droge an Mesembrin nicht sehr gross ist.

Ich versuchte ferner, den Gehalt der Droge an wirksamer Substanz zu bestimmen, was aber mit grossen Schwierigkeiten verbunden war. Die anhängenden färbenden Bestandteile, die auch bei Verarbeitung der Hauptmenge sehr lästig waren, störten auch hier sehr und konnten nicht vollständig entfernt werden. Die im folgenden angegebenen Zahlen bezeichnen also wohl die obere Grenze, machen aber keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit.

Alkaloidgehalt der Blätter 0.3%.

Alkaloidgehalt von Wurzel und Axe 0.86%.

Man könnte geneigt sein, das hier untersuchte Alkaloid nicht für einheitlich zu halten, da es ja von zwei verschiedenen Arten stammt. Dem widerspricht aber, dass die Reaktionen des Alkaloids ganz einheitlichen Charakter hatten, es waren gar keine Gründe für die Annahme da, dass das Alkaloid ein Gemisch sei. Die Untersuchung der verschiedenen *Mesembrianthemum*-Arten auf das Vorhandensein von Alkaloid zeigte dann auch deutlich, dass die Arten, die überhaupt Alkaloid enthalten, sicher ein dem Mesembrin gleiches enthalten. Auf diese Untersuchungen werde ich später eingehen.

Physiologische Versuche.

Von grösster Wichtigkeit war natürlich die Frage, ob das Alkaloid Träger der Wirkung der Pflanze sei und, wenn das der Fall war, welcher Art diese Wirkungen sind. Meiring hatte nach dieser Richtung einige wenige Versuche gemacht; er hatte das Alkaloid Fröschen und Meerschweinchen injiziert und gefunden, dass letztere ziemlich indifferent dagegen sind, dass aber bei ersteren eine starke Wirkung auftritt. Die Versuche an Fröschen zeigten ungefähr folgendes Bild: Nach wenigen Minuten schnelles Atmen, Unruhe, Feuchtigkeit auf der Haut. Nach 10 bis 20 Minuten wurde die Atmung langsam und Lähmungserscheinungen traten auf.

Es war natürlich höchst erwünscht, diese Versuche fortzusetzen. Herr Prof. Dr. Cloetta hat die grosse Freundlichkeit gehabt, sie, die ich nicht selbst anstellen konnte, in seinem Institute vorzunehmen. Es ist mir besondere Freude, auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Cloetta und seinem Assistenten, Herrn Dr. Waser, meinen besten Dank auszusprechen; ohne ihre wertvolle Hülfe wäre meine Arbeit ganz unvollständig geblieben. Ich lasse den Bericht, den ich Herrn Dr. Waser verdanke, wörtlich folgen:

„Physiologische Untersuchung des Alkaloids aus *Mesembrianthemum tortuosum* L. und *Mesembrianthemum expansum* L.

Die ersten Versuche wurden mit einer Lösung der freien Base in Alkohol, Glycerin und Wasser sowohl an Fröschen, wie auch an Kaninchen vorgenommen. Da die Base infolge ihrer Schwerlöslichkeit auch nur ausserordentlich langsam vom Organismus resorbierbar ist, wurden keine spezifischen Wirkungen sichtbar.

Das Bild änderte sich vollständig, als man das Alkaloid in sehr verdünnter wässriger Salzsäure gelöst zur Applikation brachte, wie die folgenden Versuche dartun:

Zwei Fröschen wurden je 0.025 gr und 0.05 gr der Base in ca. zweiprozentiger Lösung in die Lymphsäcke der beiden Oberschenkel injiziert. Nach 5 Minuten zeigte sich bei beiden Tieren beginnende Lähmung, die allmählich an Stärke zunahm. Der Cornealreflex war einige Zeit schwach und undeutlich, kam aber später wieder vollständig zur Geltung. Nach 15 Minuten wurde die Atmung sehr schwach, die Pupille zeigte sich etwas erweitert, es traten fibrilläre Zuckungen auf, beide Frösche waren vollständig gelähmt. Auch die Herztätigkeit wurde beeinflusst; während das Herz des ersten Frosches sich aber wieder etwas erholte, schlug das des zweiten immer langsamer. Nach 30 Minuten war die Atmung fast erloschen.

Kaninchen-Versuche. Das Alkaloid wurde sowohl subcutan wie intravenös gegeben. Einige Minuten nach der subcutanen Injektion von 0.45 gr der Base traten bei einem Kaninchen (3050 gr) Krämpfe ein, die mit einigen Unterbrechungen ca. 10 Minuten dauerten. Dann folgte Lähmung, zuerst des Atmungszentrums, dann auch der Extremitäten; an der ersteren ging das Tier nach 25 Minuten zugrunde.

Zeit	Temperatur	Pupille ¹⁾	Atmung ²⁾	Puls
0 Min.	39.2°	8 ¹ / ₂	140	300
15 „	—	10 ¹ / ₂	240	280
25 „	40.1°	—	—	—

Bei der nachträglich vorgenommenen Sektion zeigten sich keine Veränderungen an den einzelnen Organen.

Bei einem zweiten Kaninchen (2400 gr) wurden 0.1 gr des Alkaloids in die Ohrvene injiziert. Sofort nach der Injektion traten während mehrerer Sekunden starke Krämpfe ein, dann nach einer Minute Exitus infolge Atmungslähmung; das Herz schlug noch einige Zeit normal, doch konnte das Tier trotz Sauerstoffzufuhr nicht mehr gerettet werden.

¹⁾ in mm.

²⁾ Atemzüge per Minute.

Diese unerwartet starke Wirkung des wasserlöslichen Präparates liess es als wünschenswert erscheinen, auch seine Wirkung in wesentlich kleinerer Dosierung kennen zu lernen. Einem Kaninchen (2430 gr) wurden 0.03 gr subcutan verabreicht.

Zeit	Temperatur	Atmung
0 Min.	39.1°	90
10 "	39.2°	95
17 "	—	90
25 "	39.6°	106
30 "	—	140
35 "	39.3°	160
50 "	—	170
55 "	39.2°	150
65 "	—	130
70 "	—	110

Mit der allmählich beschleunigten Atmung und der schwachen Temperaturerhöhung traten leichte Krämpfe und fibrilläre Zuckungen ein; es zeigte sich eine deutliche Erregung des Zentralnervensystems. Gegen das Ende des Versuches trat eine schwache Lähmung der hinteren Extremitäten mehr in den Vordergrund. Das Tier erholte sich vollständig."

Wie mir Herr Prof. Dr. Cloetta mitteilt, sind die Wirkungen Cocain-ähnlich, was besonders interessant ist, da das Cocain bekanntlich Träger der Wirkung des als Genussmittel so viel benutzten Coca-blattes ist. Die Erscheinungen der Cocainwirkung auf den Organismus sind folgende:¹⁾ Oft schwache Pupillenerweiterung; grössere Cocainmengen bewirken raschere Atmung und erhöhen die Pulsfrequenz. Reizung und Lähmung des Gehirns und des verlängerten Markes können nebeneinander auftreten oder sich rasch ablösen. Oft beobachtet man hohe Temperatursteigerung. Der Tod tritt ein durch Versagen der Zirkulation und der Atmung.

Es ist aber darauf aufmerksam zu machen, dass neben der Ähnlichkeit auch starke Unterschiede gegenüber dem Cocain existieren. So tritt die lokal anästhesierende Wirkung nur sehr schwach hervor. Es ist auf den ersten Blick ausserordentlich verführerisch, noch weitere Analogieen mit dem Cocain zu suchen, denn die Formel des Mesembrins ($C_{16} H_{19} NO_4$) stimmt mit der des Cocains minus CH_2 überein ($C_{17} H_{21} NO_4 - CH_2 = C_{16} H_{19} NO_4$). Beziehungen zwischen beiden Alkaloiden zu suchen, wird man noch weiter durch die Tatsache verführt, dass gerade die lokal anaesthesierende Wirkung des

¹⁾ Nach Poulson l. c. 47.

Cocains dem Zusammenwirken der drei Komponenten des Moleküls (Methyl, Benzoyl, Ecgonin) zu danken ist. Wenn man nun annehmen würde, dass eben das Methyl meinem Alkaloid fehlt, so würde sich das fast vollständige Ausbleiben der lokal anaesthesierenden Wirkung erklären. Ich muss aber ausdrücklich hervorheben, dass ich dieser Hypothese, nämlich einer nahen chemischen Verwandtschaft mit dem Cocain, kein Gewicht beilegen kann, denn die im chemischen Teil mitgeteilten Reaktionen sind durchaus nicht diejenigen des Cocains. Dass die Übereinstimmung in der Wirkung zwischen beiden Alkaloiden ihre Ursache in einer ähnlichen chemischen Konstitution hat, dafür liegen keinerlei Beweise vor.

Physiologische Wirkung des Mesembrins beim Menschen.

Ich machte diese Versuche an mir selbst und führe im folgenden die hiebei gemachten Beobachtungen an:

I.

5 gr der Droge wurden gekaut. Der Geschmack war bitter adstringierend, unangenehm, zum Brechen reizend. Während des Kauens trat zuerst Prickeln auf der Zunge auf, später schwache Anaesthesie im Mund, die einige Zeit dauerte.

Der Puls blieb normal, während die Temperatur eine schwache Erhöhung zeigte: sie stieg von 36.9° auf 37.1° . Ich bemerkte allgemeines Unlustgefühl, Benommensein im Kopf, Appetitlosigkeit.

II.

Um den beim Kauen auftretenden Brechreiz zu umgehen, nahm ich ein Decoct aus 15 gr der Droge ein. Dabei traten folgende Erscheinungen auf:

	Zeit	Temperatur	Puls
Eingenommen	2 ^h	36.9°	73
	2 ¹⁵ h	36.9°	75
	2 ³⁰ h	37.0°	78
	2 ⁴⁵ h	37.1°	80
	3 ⁰⁰ h	37.0°	75
	3 ¹⁵ h	36.95°	71
	3 ³⁰ h	36.85°	73

Eine halbe Stunde nach Einnahme der Abkochung fühlte ich Blutandrang nach dem Kopfe und leichte Kopfschmerzen, die aber nicht lange anhielten. Ich hatte das Gefühl, dass die Speisen nicht verdaut wurden und erst um 10^{1/2} h abends stellte sich wieder Appetit ein.

Im Allgemeinen waren die Wirkungen nicht sehr verschieden (quantitativ) von den sub I angeführten; auf jeden Fall waren sie

nicht 3 mal so stark wie die ersten. Vielleicht war durch das Kochen schon ein Teil des Alkaloids zerstört worden.

III.

0.15 gr Mesembrin wurden in wenig verdünnter Salzsäure gelöst, die Lösung mit Wasser verdünnt und ebenfalls eingenommen:

	Zeit	Temperatur	Puls
Eingenommen	3 ^h	36.8°	67
	3 ^{15h}	36.95°	80
	3 ^{30h}	37.25°	88
	3 ^{45h}	37.1°	80
	4 ^h	36.85°	70

3^{20h} trat Blutandrang nach dem Kopfe und leichtes Ohrensausen ein; 3^{30h} bemerkte ich Müdewerden der Arme und namentlich der Beine und leichtes Zittern der Beine. Dann stellten sich leichte Kopfschmerzen ein und allgemeines Unlustgefühl; Appetitlosigkeit bis 10^h abends.

Die typischen Reizungs- und Lähmungserscheinungen, die bei Kaninchenversuchen zu beobachten waren, traten also bei vorliegenden Versuchen nicht deutlich auf. Bei einem Kaninchen, dem 0.03 gr Alkaloid subcutan gegeben worden waren, waren Reizung und Lähmung gerade noch deutlich bemerkbar. Es lässt sich aus den Dosen, die bei Kaninchen die typischen Wirkungen hervorbrachten, nicht direkt die Menge Alkaloid berechnen, die beim Menschen die gleichen Wirkungen hervorrufen würde, da Kaninchen meist viel indifferenter reagieren. Vielleicht wären die Erscheinungen auch deutlicher gewesen, wenn ich das Alkaloid nicht per os, sondern subcutan erhalten hätte, da dann die Wirkungen rascher, also auch konzentrierter aufgetreten wären.

Vorkommen von Alkaloid in der Gattung *Mesembrianthemum*.

Ich habe noch die Prüfung einer Reihe von Mesembr.-Arten auf Alkaloid zu erwähnen. Die Vermutung lag von vorneherein sehr nahe, dass das Vorkommen von Alkaloid nicht nur auf die beiden, in der *Channa* enthaltenen Arten (*Mesembr. tortuos.* L. und *Mesembr. expans.* L.) beschränkt sei, da ja gewöhnlich ein Alkaloid für ganze Gattungen oder Familien charakteristisch ist. Schon eine ältere Literaturangabe¹⁾ zeigt, wie früher schon erwähnt, dass *Mesembr. anatomic.* Haw. ebenfalls als Genussmittel dient und also sehr wahrscheinlich auch Alkaloid enthält. Es ist also nicht auffallend, dass ich in 23 von 37 untersuchten Arten Alkaloid, wenn auch oft nur

¹⁾ Thunberg l. c. 58 II. p. 85.

in Spuren, nachweisen konnte. Es ist zum mindesten sehr wahrscheinlich, dass das Alkaloid aller *Mesembrianthemum*-Arten mit dem Mesembrin identisch ist, da überall da, wo mehr als Spuren Alkaloid vorhanden waren, auch die Reaktion mit Vanadinschwefelsäure eintrat. Auch die Fällung mit Mayers Reagens zeigte die gleiche Erscheinung, wie die des Mesembrins, nämlich, dass sie beim Erwärmen zusammensinterte und braun wurde, welches Verhalten die Fällungen anderer von mir hierauf geprüfter Alkaloide nicht zeigen.

Mein Material stammte aus verschiedenen Quellen; in erster Linie bin ich Herrn Prof. Dr. H. Schinz zu Dank verpflichtet für die liebenswürdige Überlassung verschiedener Arten aus dem botanischen Garten in Zürich; andere Pflanzen bezog ich von der Firma Haage und Schmidt in Erfurt, von R. Grässner in Perleberg und eine in getrocknetem Zustande von Apotheker Bichsel in Zofingen.

Verarbeitung auf Alkaloid.

Die Pflanzen wurden zerkleinert, im Mörser zerstoßen, mit Wasser angerührt, schwach salzsauer gemacht und auf dem Dampfbade erwärmt. Hierauf wurde der Saft koliert und filtriert, mit Ammoniak alkalisch gemacht und mit Chloroform ausgeschüttelt. Die Chloroformlösung wurde mit saurem Wasser ausgeschüttelt, dieses wurde wieder alkalisch gemacht und mit Chloroform extrahiert. Diese Lösung wurde auf einer Uherschale verdampft, mit verdünnter Salzsäure, resp. Schwefelsäure aufgenommen und mit den üblichen Alkaloidreagentien geprüft. Wo mehr als Spuren Alkaloid vorhanden waren, wurde noch mit Vanadinschwefelsäure geprüft.

Ich werde im Folgenden zur besseren Übersicht die alkaloidhaltigen Pflanzen mit einem Stern, die alkaloidfreien mit zwei wagrechten Strichen und solche, bei denen die Farbreaktion eintrat, mit zwei Sternen versehen. Ferner werde ich bei jeder Art ihre Herkunft angeben und zwar: Botan. Garten, Zürich = B. G., Haage und Schmidt = H. & S., Grässner = Gr.

Ich versuchte auch, festzustellen, ob die Resultate systematisch verwendbar seien, kam aber zu dem Schluss, dass in den verschiedenen Sektionen und auch in den Unterabteilungen sowohl alkaloidhaltige als alkaloidfreie Arten auftreten. Die An- resp. Abwesenheit von Alkaloid in einer Art gibt also keinen Anhaltspunkt für ihre Stellung im System. Ich werde nun die wichtigen Sektionen und die dazu gehörigen untersuchten Arten anführen:

I. Herbacea :

- Mesembr. crystallin.* L. (Apoth. Bichsel, Zofingen) *
 „ *Aitonis* Jacq. (B. G.) =
 „ *relaxatum* Willd. (H. & S.) *
 „ *expans.* L. **
 „ *tortuos.* L. **
 „ *cordifolium* L. (H. & S.) **

II. Papillosa :

- Mesembr. crassulin.* Spreng. (H. & S.) =
 „ *Cooperi* Hook. fil. (H. & S.) **
 „ *echinat.* Ait. (H. & S.) =
 „ *intonsum* Haw. (H. & S.) **
 „ *stelligerum* Haw. (B. G.) =
 „ *stellatum* Mill. (H. & S.) **
 „ *bulbosum* Haw. (B. G.) =
 „ *floribundum* Haw. (H. & S.) **
 „ *hispidum* L. (B. G.) **
 „ *tuberosum* Haw. (B. G.) **
 „ *subincanum* Haw. (B. G.) * (Spuren)
 „ *Ecklonis* Salm-Dyck (B. G.) * (Spuren)

III. Perfoliata :

- Mesembr. perfoliat.* Mill. (H. & S.) =
 „ *multiflorum* Haw. (Gr.) **
 „ *tumidulum* Haw. (H. & S.) *

IV. Teretiuscula :

- Mesembr. splendens* L. (H. & S.) **
 „ *umbelliflorum* Jacq. (Gr.) **
 „ *Lehmannii* Eckl. & Zeyh. (H. & S.) *
 „ *inconspicuum* Haw. (B. G.) =
 „ *glomeratum* L. (Gr.) **
 „ *scabrum* L. (H. & S.) *
 „ *coccineum* Haw. (H. & S.) =
 „ *curviflorum* Haw. (B. G.) =
 „ *aurantiacum* Haw. (B. G.) =

V. Triquetra:

<i>Mesembr. congestum</i>	Salm-Dyck (H. & S.) *
„ <i>lunatum</i>	Willd. (B. G.) =
„ <i>caulescens</i>	Mill. (B. G.) * (Spuren)
„ <i>muricatum</i>	Haw. (B. G.) =
„ <i>lacerum</i>	Haw. (B. G.) =
„ <i>heteropetalum</i>	Haw. (B. G.) =
„ <i>rubricaula</i>	Haw. (B. G.) * (Spuren)

VI. Dolabrata:

— —

VII. Cephalophylla:

— —

VIII. Subacaulia:

<i>Mesembr. linguiforme</i>	L. (B. G.) **
„ <i>longum</i>	Haw. (B. G.) =

Das Wachs der Channa.

Ich habe noch über einen aus der Channa dargestellten Körper zu berichten, der allerdings mit der Wirkung nichts zu tun hat, aber doch interessant genug ist. Beim Verarbeiten einer Probe des Materials nach Stas-Otto fielen beim Erkalten der alkoholischen Lösung gelbe Flocken aus, von denen ich zuerst annahm, dass sie ein Saponin sein könnten. Ich wurde auf diese Idee dadurch gebracht, dass Meiring sagt, der Saft der Pflanze sei so stark alkalischer Natur, dass er zum Waschen von Kleidern benutzt werde, wenn Seife nicht erhältlich sei. Was es mit der alkalischen Natur des Saftes auf sich hat, darüber habe ich später zu berichten. (Es wird auch erwähnt¹⁾, dass die Asche von verschiedenen Mesembrianthemumarten auf den Kanaren zum Waschen benutzt wird; dies bleibt hier natürlich ausser Betracht, denn dabei spielen in der Asche enthaltene Karbonate eine Rolle.) Die Vermutung, dass es sich bei den gelben Flocken um ein Saponin handelt, hat sich nicht bestätigt, obschon gerade die Eigenschaft des Körpers, in kaltem Alkohol viel schwerer löslich zu sein als in heissem, auch den Saponinen zukommt. Dazu kam das starke Schäumen der wässrigen Lösung und die Fähigkeit, Quecksilber zu extinguieren. Auf die einzelnen Versuche, z. B. den Körper zu spalten, dann ferner Hämolyse herbeizuführen, Rotfärbung mit

¹⁾ Le Maout et Decaine l. c. 39. p. 270.

Schwefelsäure etc. gehe ich nicht ein, da, wie schon gesagt, meine Vermutung sich nicht bestätigte.

Da der Körper in kaltem Wasser unlöslich war, musste die Hauptmasse davon sich in den Rückständen der Alkaloidextraktion befinden. Deshalb wurden diese mit Alkohol ausgekocht. Aus dem heissen Filtrat fielen beim Erkalten reichlich gelbbraune Flocken nieder. Die Flocken wurden auf dem Filter gesammelt, mit kaltem Weingeist ausgewaschen, wieder in heissem Alkohol gelöst und diese Operation so oft wiederholt, bis beim Erkalten der Lösung die Flocken fast weiss ausfielen und die Lösung nur noch sehr schwach grün von Chlorophyll gefärbt war.

Die Flocken schmolzen auf dem Wasserbade zu einer braunen, vollständig klaren Flüssigkeit, kalt zeigte die Masse wachsartige Beschaffenheit, war fest und brüchig und roch schwach aromatisch. Schwefel und Stickstoff wurden darin nicht gefunden. Die Substanz zeigte keinen scharfen Schmelzpunkt, sie begann bei 65° zu erweichen und war bei 82° geschmolzen. Das spez. Gewicht war 1.002; ich bestimmte dasselbe nach der Methode, die die schweiz. Pharmakopoe Ed. IV für die Bestimmung des spez. Gewichtes von Bienenwachs gibt.

Bestimmung der Säure-, Ester- und Verseifungszahlen.

Ich versuchte dann, den Körper zu verseifen: 6 stündiges Kochen mit $\frac{1}{2}$ n Kalilauge auf dem Wasserbade am Rückflusskühler gab keine vollständige Verseifung, dagegen konnte ich eine Säure- und Verseifungszahl gewinnen nach dem Bergschen Xylolverfahren, modif. von Bohrich und Kürschner¹⁾. Ich teile das Verfahren kurz mit: Ungefähr 0.3 gr Wachs, genau gewogen, wurden mit 20 ccm Xylol und 20 ccm absolutem Alkohol am Rückflusskühler auf dem Asbestdrahtnetz über kleiner Flamme erhitzt und 5—10 Minuten im Sieden erhalten. Die heisse Flüssigkeit wurde sofort mit $\frac{1}{2}$ n alkohol. Kalilauge und Phenolphthaleïn als Indikator titriert. Hierauf wurden 30 ccm $\frac{1}{2}$ n alkohol. Kalilauge zugegeben und eine Stunde in lebhaftem Sieden erhalten. Nun wurden 50 ccm 96 prozentiger Alkohol zugefügt, ungefähr 8 Minuten erhitzt und mit $\frac{1}{2}$ n wässriger Salzsäure zurücktitriert. Um das von den Glaswänden absorbierte Alkali wieder in Lösung zu bringen, wurde hierauf nochmals schwach gekocht, wobei die rote Farbe gewöhnlich wiederkehrte und dann zu Ende titriert.

I. Bestimmung:	Säurezahl:	27.57
	Esterzahl:	132.54
	Verseifungszahl:	160.11

¹⁾ Pharm. Zentralhalle 51. 589.

II. Bestimmung: Säurezahl: 25.89

Esterzahl: 134.89

Verseifungszahl: 160.78

Ungefähr die gleichen Zahlen erhielt ich, wenn ich die Verseifung wie folgt ausführte: Zu dem Wachs wurden in einem Rundkolben 30 ccm $\frac{1}{2}$ n alkohol. Kalilauge gefügt und über freier Flamme der Alkohol vorsichtig fast vollständig abgedampft. Diese Operation wurde unter Ersatz des Alkohols viermal wiederholt. Dabei hatte das Alkali Gelegenheit, zeitweilig konzentriert auf das Wachs einzuwirken.

Verseifungszahlen: I. Bestimmung: 168.53

II. Bestimmung: 170.20.

Aus diesen Versuchen weitergehende Schlüsse zu ziehen, ist noch nicht an der Zeit, wie sich zeigen wird.

Um auf ungesättigte Verbindungen zu prüfen, habe ich die Jodzahl bestimmt, das heisst: die Prozente Jod, die der Körper aufzunehmen vermag und mich dazu der Methode der schweizerischen Pharmakopoe Ed. IV bedient.

Jodzahlbestimmung.

I. Bestimmung:

Substanz: 0.3070 gr

25 ccm JBr = 68.8 ccm $\frac{1}{10}$ n $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$ 25 ccm JBr + Substanz = 62.3 ccm $\frac{1}{10}$ n $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$.

$$\text{Jodzahl: } \frac{100 (68.8 - 62.3) 0.0129}{0.3070} = 27.3$$

II. Bestimmung:

Substanz: 0.2550 gr

15 ccm JBr = 41.38 ccm $\frac{1}{10}$ n $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$ 15 ccm JBr + Substanz = 36.35 ccm $\frac{1}{10}$ n $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$.

$$\text{Jodzahl: } \frac{100 (41.38 - 36.35) 0.0129}{0.2550} = 25.5$$

Mittel: 26.4 Jodzahl.

Der Schmelzpunkt der nach der Jodzahlbestimmung zurückgewonnenen Substanz war etwas tiefer, wie oben angegeben, nämlich $63-74^\circ$.

Zur Gewinnung der Komponenten des Wachses verseifte ich 10 gr nach der zuletzt angegebenen Methode. Das Reaktionsgemisch wurde mit viel Wasser verdünnt, wobei ein flockigweisser Niederschlag ausfiel, während die Säuren als Kalisalze in Lösung blieben. Dann wurde das Ganze gekocht unter mehrmaligem Ersatz

des Wassers, um den Alkohol zu entfernen, filtriert und der Rückstand mit Wasser ausgewaschen. Die ungelösten Anteile betrugen ungefähr 75%. Die übrigen 25% konnten nicht ohne weiteres als an Kalilauge gebundene Säuren in Rechnung gezogen werden, wie aus folgendem hervorgeht: Die Lösung gab beim Ansäuern eine geringe, flockige braune Fällung, die jedenfalls viel geringer war, als nach der verhältnismässig hohen Verseifungszahl erwartet werden durfte. Die fehlenden 25% wurden durch sie auch nicht entfernt belegt. Ich muss annehmen, dass bei der lange dauernden Einwirkung der starken Lauge die Säuren zum Teil zerstört wurden. Die Zersetzungsprodukte sind vielleicht zu suchen in einem stark braunen Bodensatz, der in dem Filtrat von dem Unverseifbaren sich bildete und der sich in Wasser leicht löste. Wie sein Verhalten gegen Bleisalze zeigte, ist er von saurem Charakter; Bleiacetat gab eine starke, flockige Fällung; die davon abfiltrierte Flüssigkeit gab mit basischem Bleiacetat einen neuen, starken, flockigen Niederschlag. Es schienen also hier zwei verschiedene Säuren vorzuliegen.

Ich habe nun den unverseifbaren Anteil zu besprechen. Sein Schmelzpunkt liegt zwischen 70 und 80°; geschmolzen schwimmt er auf Wasser, in Weingeist löst er sich in der Wärme fast vollständig, in warmem, absolutem Alkohol vollständig; Petroläther löst in der Wärme zum Teil, gibt beim Erkalten flockige Fällung; ebenso verhält er sich gegen Ligroin.

Der ungenaue Schmelzpunkt liess darauf schliessen, dass die Substanz nicht einheitlich sei; es erschien nicht unwahrscheinlich, dass in dem Gemisch Kohlenwasserstoffe vorhanden waren. Um diese zu konstatieren, wurde nach Benedikt-Ulzer¹⁾ mit Essigsäureanhydrid am Rückflusskühler gekocht; dabei sollen drei Fälle möglich sein:

1. Die Substanz löst sich vollständig und bleibt auch nach dem Erkalten in Lösung: Fettalkohole.
2. Die Substanz löst sich vollständig und die Lösung erstarrt nach dem Erkalten zu einem Kristallbrei: Cholesterine oder Fettalkohole oder beide Körperklassen.
3. Die Substanz mischt sich nicht mit Essigsäureanhydrid, sondern schwimmt in der Hitze als ölige Schicht obenauf und erstarrt beim Erkalten: Kohlenwasserstoffe.

In der Hitze trat bei meinem Körper völlige Mischung ein, und erst beim Erkalten bildeten sich zwei Schichten, die beide erstarrten. Die obere konnte aus Kohlenwasserstoffen bestehen, die untere aus

¹⁾ Benedikt-Ulzer l. c. 6. p. 229 ff.

Essigsäureestern der Cholesterine oder der Alkohole. Cholesterine waren von vornherein ausgeschlossen, da sie viel höhern Schmelzpunkt zeigen.

Auf folgendem Wege gelang die Trennung:

Die Substanz wurde mit schwach alkalischem Wasser angerührt und mit warmem Äther ausgeschüttelt, wobei sich der grösste Teil löste. Der geringe Rest ging auch in den Äther über, wenn schwach angesäuert wurde. Ich habe nur die erste Ausschüttelung aus alkalischer Lösung weiter verarbeitet. Von der Lösung wurde der Äther abdestilliert und der Rückstand mit alkohol. KOH verseift, um die ursprünglichen Körper zu erhalten. Die Verseifungsprodukte wurden mit Äther ausgeschüttelt. Beim Verdunstenlassen der ätherischen Lösung schieden sich schöne, farblose, rhombische Tafeln aus, die abfiltriert wurden. Sie schmolzen zuerst bei 68—70°; nach viermaligem Umkristallisieren aus Äther war der Schmelzpunkt bei 68—69° konstant. (Körper a.) Bei weiterer Konzentration des Filtrates schied sich ein undeutlich kristallisierender Körper ab, der zuerst bei 69—73° schmolz; nach mehrmaligem Umkristallisieren war der Schmelzpunkt bei 73 bis 74° konstant. (Körper b.) Von a erhielt ich ungefähr 2 gr, von b nur so viel, wie für die Elementaranalyse ausreichte.

Ein Teil von Körper a wurde mit Essigsäureanhydrid und Natriumacetat acetyliert und lieferte ein bei 66—67° schmelzendes Produkt, das der Elementaranalyse unterworfen wurde, wie der ursprüngliche Körper a (Körper a¹).

Elementaranalyse des Körpers a. (Sm. 68—69°.)

I. Bestimmung:

Substanz:	0.1615 gr	
CO ₂ :	0.5047 gr	
H ₂ O:	0.2134 gr	
Gehalt an	C: 85.23%	C + H = 99.67%.
Gehalt an	H: 14.44%	

II. Bestimmung:

Substanz:	0.1375 gr	
CO ₂ :	0.4306 gr	
H ₂ O:	0.1786 gr	
Gehalt an	C: 85.41%	C + H = 99.90%.
Gehalt an	H: 14.49%	

Hieraus berechnet sich die einfachste Formel: **CH₂**. Dieser Körper zeigte also die allgemeine Formel **C_nH_{2n}**, war also kein Alkohol, obschon die Fähigkeit, sich mit Essigsäure zu verbinden,

das hatte vermuten lassen. Seine ungesättigte Natur konnte ich nachweisen durch Erwärmen mit Permanganat, das dabei entfärbt wurde. Ich muss also annehmen, dass der Körper mit Essigsäure unter Bildung eines Additionsproduktes und Zerstörung der doppelten Bindung reagiert hatte¹⁾.

Elementaranalyse des Körpers a¹. (Sm. 66—67°.)

I. Bestimmung:

Substanz:	0.1308 gr
CO ₂ :	0.3806 gr
H ₂ O:	0.1554 gr
Gehalt an	C: 79.35 %
Gehalt an	H: 13.4 %
Gehalt an	O: 7.25 %.

II. Bestimmung:

Substanz:	0.1739 gr
CO ₂ :	0.5070 gr
H ₂ O:	0.2083 gr
Gehalt an	C: 79.47 %
Gehalt an	H: 13.43 %
Gehalt an	O: 7.1 %.

Es ergibt sich daraus annähernd die Formel $C_{15}H_{30}O$. Da im Molekül mindestens 2 O der Essigsäure vorhanden sind, muss die Formel verdoppelt werden, also $C_{30}H_{60}O_2$. Durch Subtraktion des Essigsäuremoleküls ergibt sich die Formel des zugrunde liegenden ungesättigten Kohlenwasserstoffes: $C_{30}H_{60}O_2 - C_2H_4O_2 = C_{28}H_{56}$. Ich nenne diesen Körper **Mesembren**.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass dieser Körper erst durch Einwirkung der Reagentien aus dem entsprechenden Alkohol $C_{28}H_{58}O$ durch Abspaltung von Wasser entstanden ist. Solche Olefine finden sich in den Produkten der trockenen Destillation kohlenstoffreicher Verbindungen: Holz, Steinkohle, Paraffin, Fett, Wachs:

Ceten $C_{16}H_{32}$ wird erhalten durch Destillation des Cetylalkohols und des Walrats²⁾.

Ceroten $C_{26}H_{52}$ entsteht bei der Destillation des chinesischen Wachses. Sm 57—58°.³⁾

Melen $C_{30}H_{60}$ entsteht bei der Destillation des Bienenwachses. Sm. 67°.³⁾

¹⁾ Vide: Beilstein I. c. 5. Ergänzungsband, I. p. 16: Bei 300° verbinden sich die Alkylene mit Essigsäure zu Acetaten.

²⁾ Beilstein I. c. 5. Band I. p. 124 und 125.

³⁾ Beilstein I. c. 5. Band I. p. 124 und 125.

Anderseits sind solche ungesättigte Kohlenwasserstoffe schon verschiedentlich in Pflanzen nachgewiesen worden¹⁾; so wurden in den Samen von *Heracleum giganteum*, *Heracleum spondylium*, *Pastinaca sativa* bei 60—71° schmelzende Kohlenwasserstoffe der Formel C_nH_{2n} aufgefunden (Gutzeit.). Ähnliche Kohlenwasserstoffe fanden König und Kiesow im Wiesenheu, Naudin in den Blüten von *Anthemis nobilis*: Anthemen Sm. 63—64°.

Elementaranalyse des Körpers b. (Sm. 73—74°)

I. Bestimmung:

Substanz:	0.0719 gr
CO ₂ :	0.2164 gr
H ₂ O:	0.0923 gr
Gehalt an	C: 82.09%
Gehalt an	H: 14.36%
Gehalt an	O: 3.55%.

II. Bestimmung:

Substanz:	0.0622 gr
CO ₂ :	0.1874 gr
H ₂ O:	0.0791 gr
Gehalt an	C: 82.17%
Gehalt an	H: 14.23%
Gehalt an	O: 3.60%.

Bei der Berechnung der einfachsten Formel findet man bei Bestimmung I: $C_{31}H_{64}O$, bei Bestimmung II; $C_{30}H_{62}O$. Die genaue Grösse des Moleküls konnte nicht festgestellt werden. Dem Körper kommt also die allgemeine Formel: $C_nH_{2n} + {}_2O$ zu; er wird wohl die Natur eines Alkohols haben: ich nenne ihn **Mesembrol**.

Weiteres habe ich über dieses Wachs nichts ermitteln können; die geringe Menge des zur Verfügung stehenden Materials trat auch hier überall hemmend in den Weg. Ich glaube, dass der Körper interessant genug ist, um die Aufmerksamkeit späterer Untersucher, die unter günstigeren Umständen arbeiten können, zu verdienen. Wenn ich das bisherige Resultat zusammenfasse, so ergibt sich, dass der Körper ein Ester ist. Von den Säuren wurde nur eine kleine Menge unzersetzt erhalten; die gegen Bleisalze sich verschieden verhaltenden Anteile sind vermutlich schon Zersetzungsprodukte. In der anderen Hälfte des Esters wurde, wie zu erwarten, ein Alkohol (Mesembrol: $C_{30}H_{62}O$ oder $C_{31}H_{64}O$, Sm. 73—74°) und ein Kohlen-

¹⁾ Schmidt l. c. 52. p. 139.

wasserstoff (Mesembren: $C_{28}H_{56}$, Sm. 66—67°) nachgewiesen. Von dem letzteren muss es zurzeit dahingestellt bleiben, ob er in der Substanz praeexistiert, oder ob er aus einem Alkohol durch Wasserabspaltung entsteht. Für die erste Annahme, die die interessantere wäre, fehlt es nicht an Analogieen.

Ich habe anhangsweise noch eine Beobachtung kurz zu besprechen; ich sagte oben, dass nach Meiring der Saft der Pflanze so stark alkalisch reagiere, dass man ihn an Stelle von Seife zum Waschen benutze. Ich habe diese Angabe von Meiring nicht bestätigen können. Der Saft der frischen Pflanze reagiert deutlich sauer; aus 4.5 gr frischer Blätter verbrauchte er zur Sättigung 1.03 ccm $\frac{1}{10}$ n Natronlauge. Ich habe dann 4.5 gr frische Blätter getrocknet, extrahiert und das Filtrat ebenfalls titriert; dabei wurden 0.99 ccm $\frac{1}{10}$ n Natronlauge verbraucht, also praktisch dieselbe Menge, wie in den frischen Blättern. Damit scheint mir erwiesen, dass die Angabe von Meiring nicht zutrifft. Entweder bezieht sich seine Angabe nicht auf den Saft der Pflanze, sondern auf einen Auszug der Asche, oder auf wasserlösliche, alkalisch reagierende Bestandteile der Erde, die den Pflanzen anhaften. Diese letztere Annahme wurde durch folgenden Versuch bestätigt. Ich befreite die den Pflanzen anhaftende Erde möglichst von Pflanzenresten. Die Erde wurde mit Wasser ausgelaugt, bis die alkalische Reaktion verschwunden war und die Lösung nach Zusatz von Phenolphthalein mit $\frac{1}{10}$ n Salzsäure titriert.

Wenn ich annehme, dass der alkalische Bestandteil Na_2CO_3 ist, so ergab sich ein Gehalt daran von 1.35 %.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Karte von Südafrika. Die im Text angeführten Fundorte der Droge sind eingezeichnet. Masstab 1 : 6000 000.

Fig. 2. Ungefähr zwei Monate altes Exemplar von *Mesembrianth. expans.* L. *q.* = Querschnitt durch das Blatt. 2mal vergrößert.

Fig. 3. Ungefähr zwei Monate altes Exemplar von *Mesembrianth. tortuos.* L. *q.* = Querschnitt durch das Blatt, Mittelnerv fast nicht sichtbar. 3mal vergrößert.

Fig. 4. Keimling von *Mesembrianth. expans.* L., vier bis sechs Tage alt. Würzelchen sehr stark entwickelt mit reichlichen Wurzelhaaren. 10mal vergrößert.

Fig. 5. Keimling von *Mesembrianth. tortuos.* L.; 6—8 Tage alt. Würzelchen schwach entwickelt, mit wenig Wurzelhaaren. 10mal vergrößert.

Fig. 6. Querschnitt durch das Würzelchen eines Keimlings von *Mesembrianth. tortuos.* L. *e.* = Epidermis; *h.* = Wurzelhaar. Die Epidermiszellen sind radial gestreckt und an der Aussenwand deutlich verdickt. Ca. 330mal vergrößert.

Fig. 7. Querschnitt durch das Würzelchen eines Keimlings von *Mesembrianth. expans.* L. *e.* = Epidermis; *h.* = Wurzelhaar. Die Epidermiszellen sind im Querschnitt quadratisch und zeigen keine Verdickung der Aussenwand. Ca. 300mal vergrößert.

Fig. 8. Samen, von der Seite gesehen. 10mal vergrößert. (Die Samen beider Arten sind nicht zu unterscheiden.)

Fig. 9. Gefässbündelverlauf im Blatt von *Mesembrianth. expans.* L. *o.* = Bündel von Raphiden; *r.* = Randnerv; *n.* = Nerven erster Ordnung. 5mal vergrößert.

Fig. 10. Blattquerschnitt. *w.* = Wachsstäbchen; *g. e.* = grosse Epidermiszellen; *k. e.* = kleine Epidermiszellen; *i.* = Intercellularen; *r.* = Raphiden; *s.* = Mesophyll, Schwammparenchym; *g.* = Gefässbündel. Ca. 25mal vergrößert.

Fig. 11. Blattepidermis. *k. e.* = kleine Epidermiszellen; *sp.* = Spaltöffnungen; *g. e.* = grosse Epidermiszellen; *s.* = Zellen des Schwammparenchyms. Ca. 80mal vergrößert.

Fig. 12. Candelaberhaar, vereinzelt auf den Blättern und jungen Axen auftretend. Ca. 100mal vergrößert.

Fig. 13. Drüsen, auf den Blättern der trockenen Droge als weisse Punkte hervortretend, auch in Alkoholmaterial sichtbar. Ca. 320mal vergrößert.

Fig. 14. Querschnitt durch das Würzelchen eines Keimlings von *Mesembrianth. expans.* L., zeigt den primären Bau. *e.* = Epidermis mit Wurzelhaaren; *R.* = Parenchym der primären Rinde; *E.* = Endodermis; *P.* = Perizykel; *I. X.* = primäres Xylem; *I. p.* = primäres Phloem. Ca. 320mal vergrößert.

Fig. 15. Querschnitt durch eine ältere Wurzel von *Mesembrianth. expans.* L., zeigt das primäre, sekundäre und tertiäre Cambium. *I. X.* = primäres Xylem; *I. C.* = primäres Cambium; *I. p.* = primäres Phloem; *II. X.* = sekundäres Xylem; *II. C.* = sekundäres Cambium; *II. p.* = sekundäres Phloem; *III. X.* = tertiäres Xylem; *III. C.* = tertiäres Cambium; *R.* = Rindenparenchym. Ca. 200mal vergrößert.

Fig. 16. Etwas schematisierter Querschnitt durch eine ältere Wurzel aus der Droge. *a.* = Kork; *p.* = Phloem; *f.* = Fasern mit wenig Gefässen; *x.* = ausschliesslich Gefässe führende Partien. Ca. 60mal vergrössert.

Fig. 17. Querschnitt durch eine junge Axe von *Mesembrianth. expans* L. *I. p.* = primäres Phloem; *I. C.* = primäres Cambium; *I. X.* = primäres Xylem. Ein Interfascicularcambium ist noch nicht gebildet. Ca. 300mal vergrössert.

Fig. 18. Querschnitt durch eine junge Axe von *Mesembrianth. tortuos* L. *I. X.* = primäres Xylem; *I. C.* = primäres Cambium; *I. p.* = primäres Phloem; *J. C.* = Interfascicularcambium. Bei dieser Art wird das Interfascicularcambium sehr früh gebildet bei vollständigem Fehlen des sekundären Cambiums. Ca. 300mal vergrössert.

Fig. 19. Querschnitt durch eine ältere Axe von *Mesembrianth. expans* L., zeigt das primäre und das sekundäre Cambium. *I. X.* = primäres Xylem; *I. C.* = primäres Cambium; *I. p.* = primäres Phloem; *II. X.* = sekundäres Xylem; *II. C.* = sekundäres Cambium. In diesem älteren Stadium ist also immer noch nicht die Bildung von Interfascicularcambium zwischen den primären Bündeln erfolgt. Ca. 350mal vergrössert.

Fig. 20. Schematischer Querschnitt durch eine ältere Axe von *Mesembrianth. expans* L. *a.* = Kork; *p.* = Phloem; *f.* = Fasern mit wenig Gefässen; *x.* = Gefässe. Die verschiedenen Cambiumringe treten auf dem Querschnitt viel weniger deutlich hervor, weil die einzelnen Cambien nicht zu vollständigen Ringen ausgewachsen, sondern zwischen den einzelnen Bündeln oft breite Parenchymstreifen stehen bleiben. Ca. 40mal vergrössert.

Fig. 21. Abbildung von *Mesembrianth. tortuos* L. (Dillenius entnommen¹⁾). 1. Ausgezogene Blüte; 2. Schnitt durch den vierfächerigen Fruchtknoten; 3. junge Pflanze; 4. ältere Pflanze.

Fig. 22. Abbildung von *Mesembrianth. expans* L. (Dillenius entnommen¹⁾). 1. Frucht mit Kelch in natürlicher Lage; 2. Frucht mit ausgebreiteten Kelchblättern; 3. Schnitt durch den fünffächerigen Fruchtknoten; 4. Samen; 5. ältere Pflanze.

Fig. 23. Der Droge entnommene Exemplare und Früchte. a) Junge Pflanze mit reichlichen vertrockneten Blättern. b) Aeltere Pflanze; 1. fünffächerige Frucht (= *Mesembrianth. expans* L.), geschlossen in trockenem Zustande; 2. vierfächerige Frucht (= *Mesembrianth. tortuos* L.), geschlossen in trockenem Zustande; 3. Frucht von der Seite; 4. vierfächerige Frucht, in feuchtem Zustande geöffnet; 5. fünffächerige Frucht, in feuchtem Zustande geöffnet. Ungefähr natürliche Grösse.

¹⁾ L. c. 15.

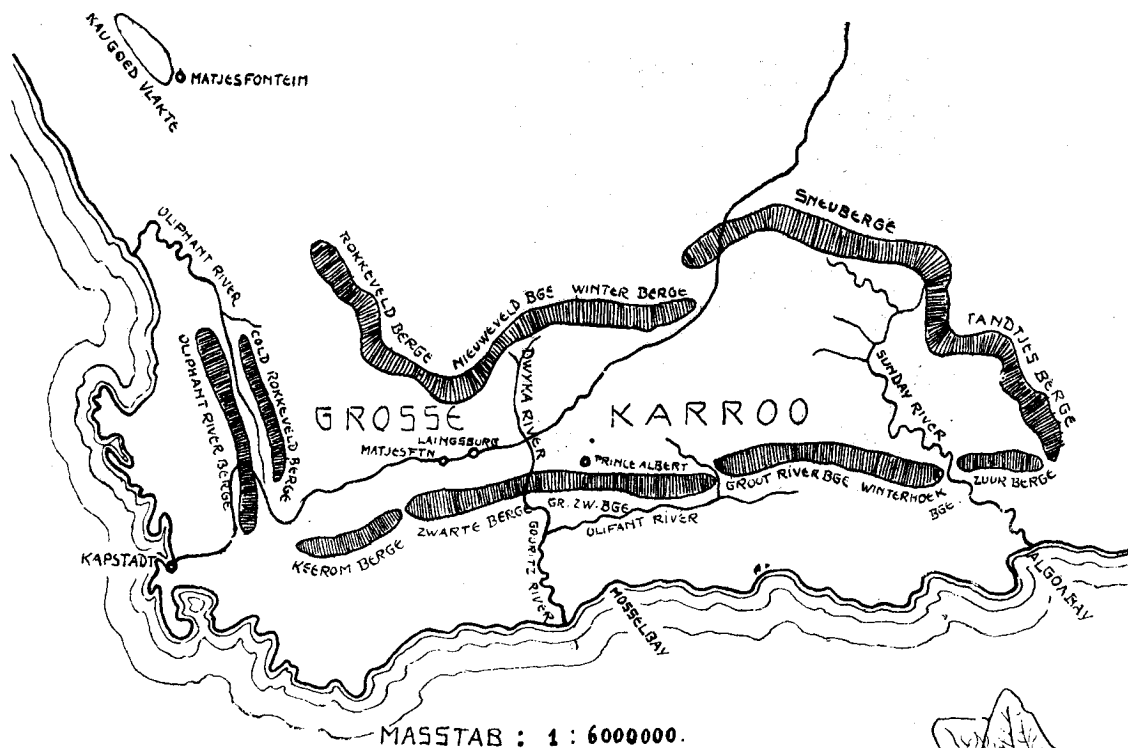


Fig. 1.

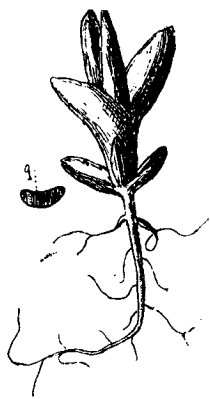


Fig. 3.

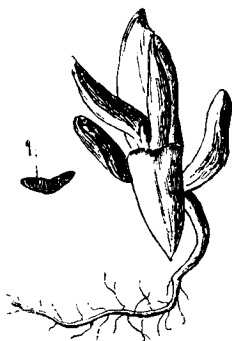


Fig. 2.



Fig. 4.

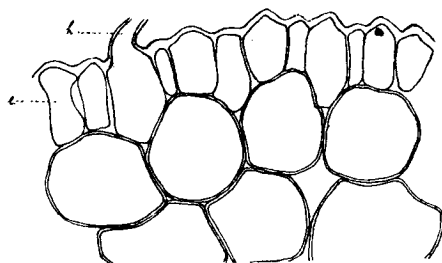


Fig. 6.

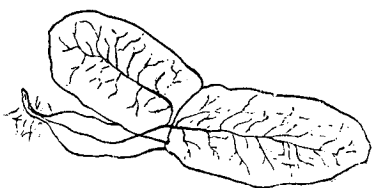


Fig. 5.

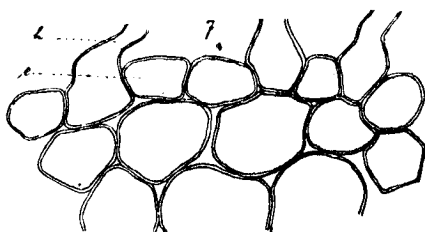


Fig. 7.

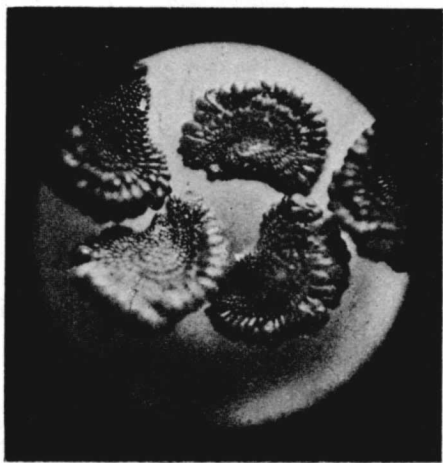


Fig. 8.

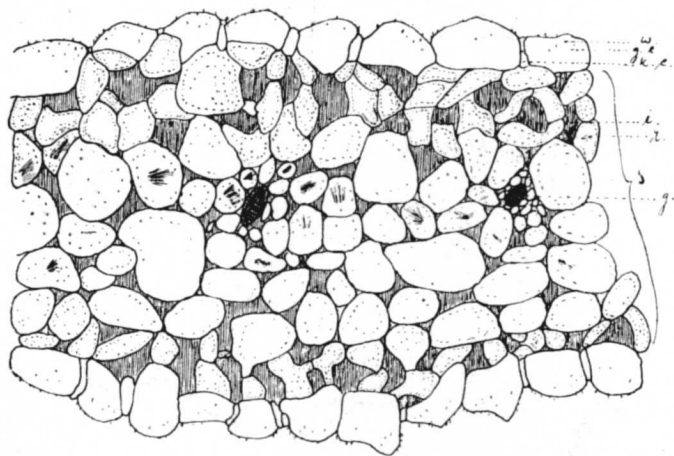


Fig. 10.

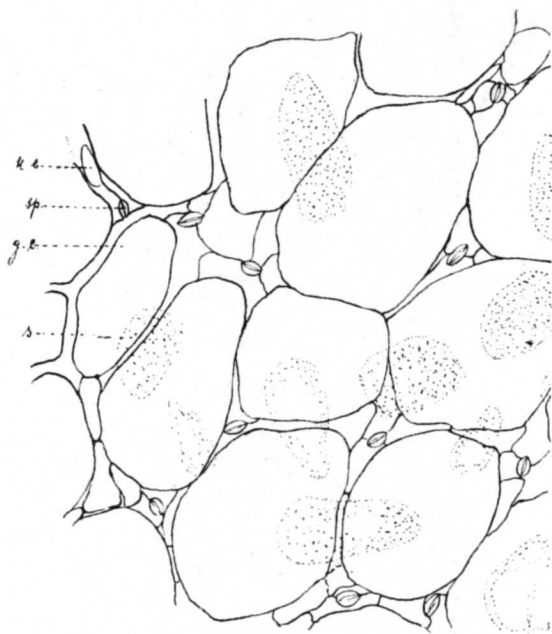


Fig. 11.

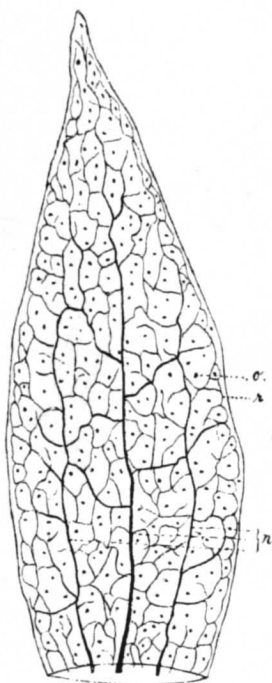


Fig. 9.



Fig. 13.



Fig. 12.

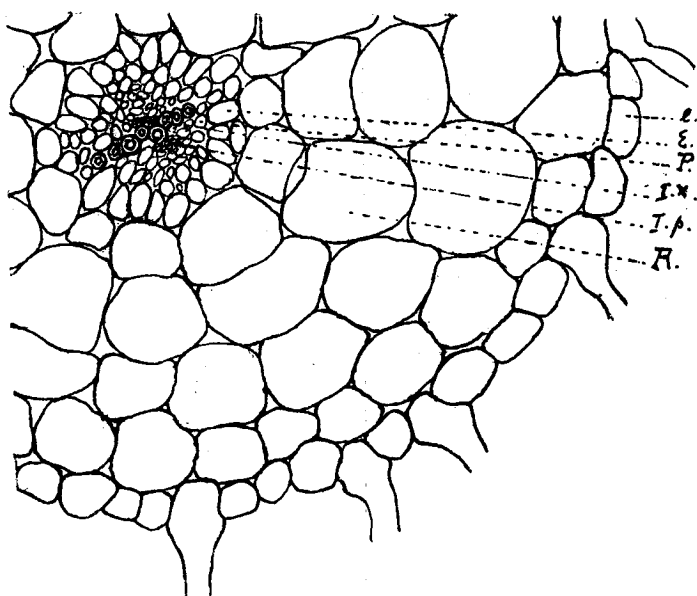


Fig. 14.

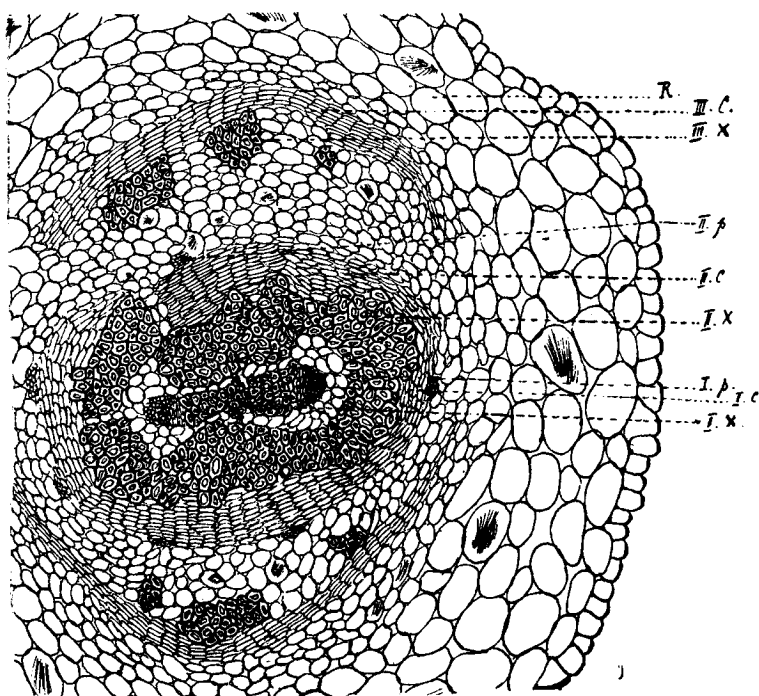


Fig. 15.

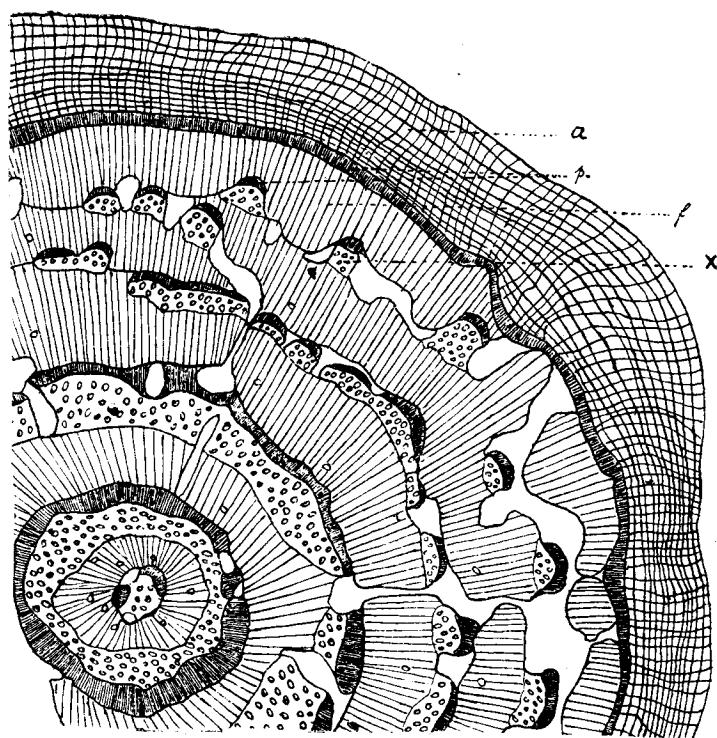


Fig. 16.

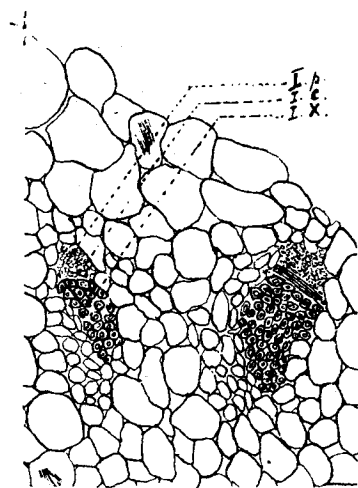


Fig. 17.

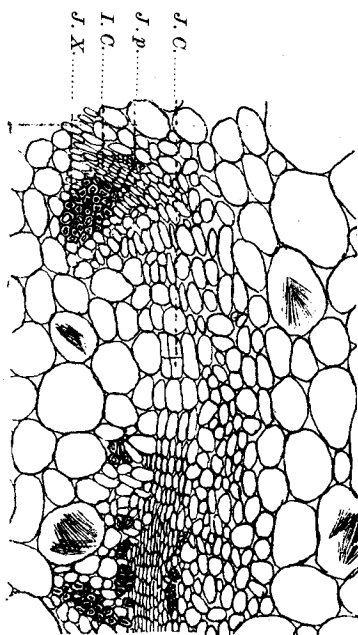


Fig. 18.

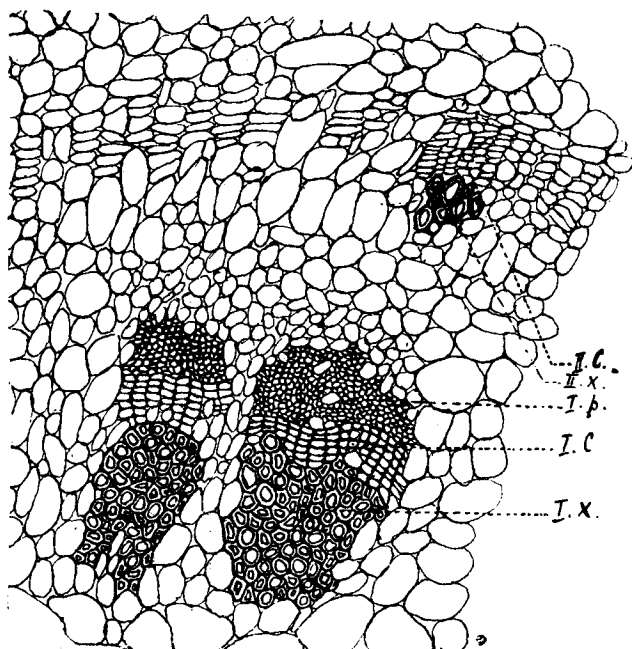


Fig. 19.

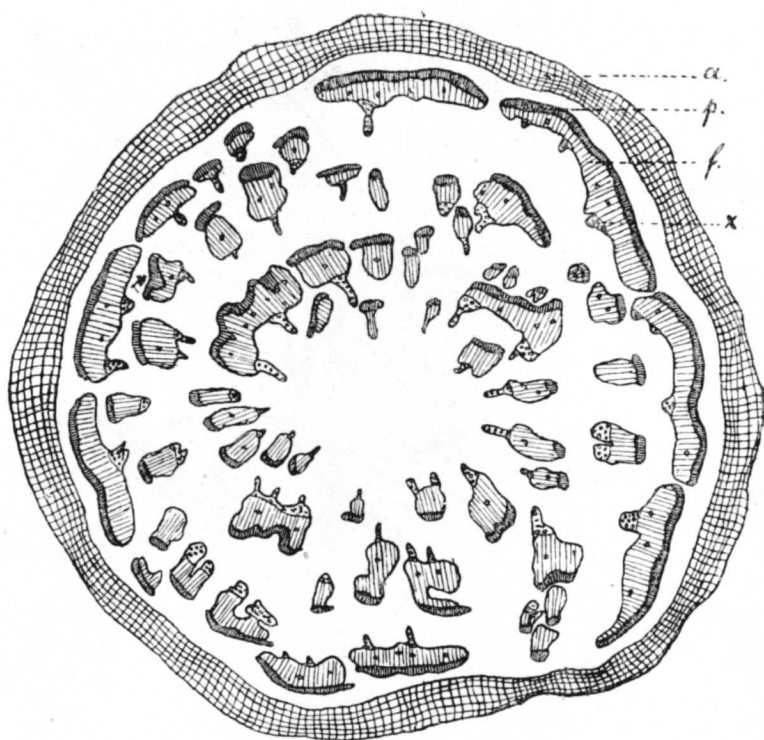


Fig. 20.



Meibryanthemum tortuosum, foliis sempervirentibus.

Fig. 21.



Fig. 22.

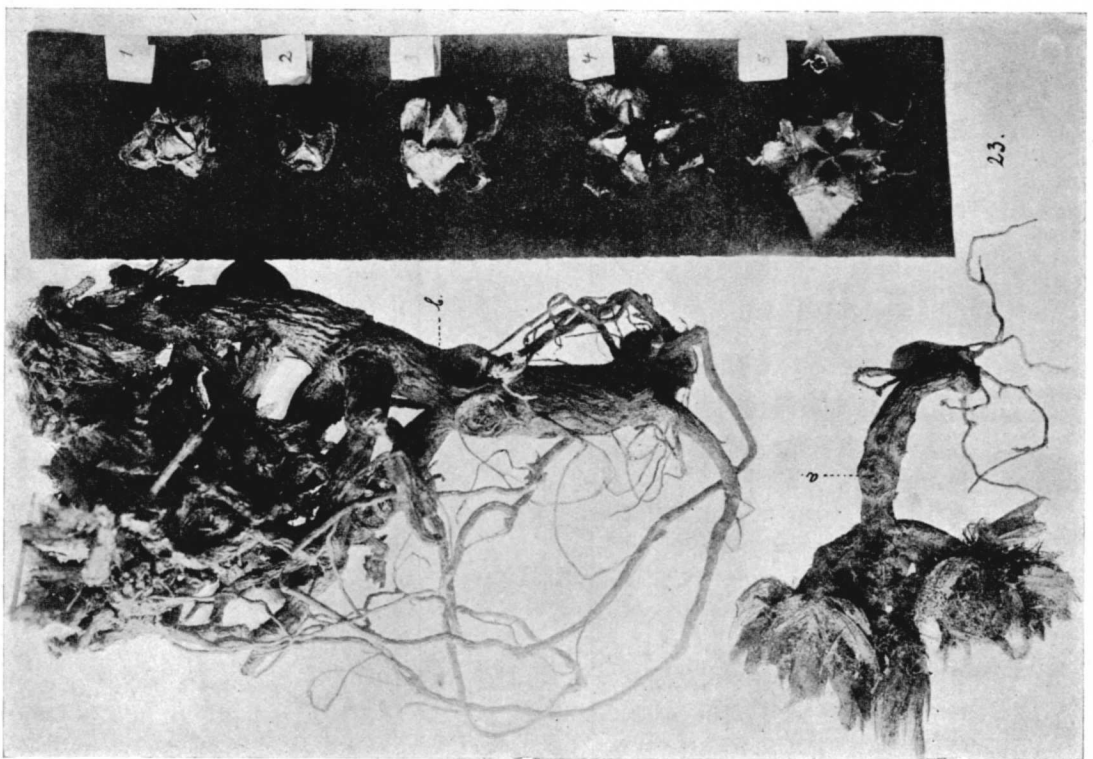


Fig. 23.

Verzeichnis der benutzten Literatur.

1. Autenrieth, W. Auffindung der Gifte. Tübingen 1909.
2. Baumert, G. Lehrbuch der gerichtlichen Chemie. Braunschweig 1889—1893.
3. De Bary, A. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877.
4. Behrens, H. Mikrochemische Analyse. Hamburg und Leipzig 1897.
5. Beilstein, F. Handbuch der organischen Chemie. Hamburg und Leipzig 1893, und Ergänzungsband 1901. Dritte Auflage.
6. Benedikt-Ulzer. Analyse der Fette und Wachsarten. Berlin 1908.
7. Berger, A. Mesembrianthemen und Portulaccaceen. Stuttgart 1908.
8. Blau, H. Beiträge zur Kenntnis der Saponine. Diss. Zürich 1910.
9. Brenner, W. Untersuchungen an einigen Fettpflanzen, in Flora 87. 1900, p. 398.
10. De Candolle, A. P. Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis. III. Bd. Paris 1828.
11. Comes, O. Histoire, Géographie, Statistique du Tabac. Naples 1900.
12. Dannemann, F. Anatomie und Entwicklung der Mesembrianthemen. Diss. Halle a. S. 1883.
13. Dapper, O. Umständliche und eigentliche Beschreibung von Afrika. Amsterdam 1670.
14. Dennstedt, M. Anleitung zur vereinfachten Elementaranalyse. Hamburg 1906.
15. Dillenius, J. Hortus Elthamensis, seu plantarum rariorum, quas in horto suo Elthami coluit J. Sherard, delineationes et descriptiones. 1732.
16. Dragendorff, G. Analyse von Pflanzen und Pflanzenteilen. Göttingen 1882.
17. Dragendorff, G. Heilpflanzen. Stuttgart 1898.
18. Eder, R. Über die Mikrosublimation von Alkaloiden im luftverdünnten Raume. Zürich 1912.
19. Engler, A. Syllabus der Pflanzenfamilien. Vierte Auflage. Berlin 1904.
20. Engler, A. und Prantl, K. Die natürlichen Pflanzenfamilien. III. Teil. Leipzig 1894.
21. Falkenberg, P. Sekundärer Meristemring im Stengel von Mesembrianthemum, in Bot. Zeitg. 1876, p. 318.
22. Gadamer, J. Lehrbuch der chemischen Toxikologie. Göttingen 1909.
23. Gattermann, L. Die Praxis des organ. Chemikers. Leipzig 1907.
24. Guareschi-Kunz-Krause. Die Alkaloide. Berlin 1896.
25. Hagen, C. Entwicklung und Anatomie der Mesembrianthemen. Diss. Bonn 1873.
26. Hansen. Chem. Zusammensetzung einiger Sphärokristalle und Einzelkristalle in Arb. d. Bot. Inst. Würzburg. III. Bd., 1884, p. 102. Ref., in Just. Bot. Jahresbericht. 1884, I. p. 226.
27. Hartwich, C. Die menschlichen Genussmittel. Leipzig 1911.
28. Heffter, A. Archiv für experiment. Pathologie u. Pharmakologie. Bd. XXXIV.
29. Heyl, G. Über das Vorkommen von Alkaloiden und Saponinen in Cacteen, in Arch. d. Pharm. 1901, p. 451 ff.
30. Holmes, E. M. Materia medica notes, in Pharm. Journal und Transactions. 1874, p. 810.
31. Index Kewensis plantarum phanerogamarum. Oxford. III. Teil. 1894 und Suppl. 1886—1905.
32. Just, L. Botanischer Jahresbericht.

33. Kobert, R. Über die pharmakologische Bedeutung und die biologische Wertbestimmung der Sarsaparillen und ihnen verwandter Drogen, in Berichte der Deutschen pharm. Gesellschaft. 22. Jahrg., 1902, Heft. IV.
34. Kohl, C. Kalksalze und Kieselsäure in den Pflanzen. Marburg 1889.
35. Kolb, P. Beschreibung des Vorgebürges der guten Hoffnung. Frankfurt, Leipzig 1745.
36. Kolderup-Rosenvinge, L. Sphaerokristaller hos Mesembr., in Vidensk. Meddelels fra den naturhist. Foren i Kiöbenhavn. 1877—1878, p. 305. Ref., in Just. Bot. Jahresber. 1878, I. p. 19 ff.
37. Kosteletzky. Medizin-pharmazeut. Flora. 1831.
38. Labillardière, J. J. Relation du voyage à la recherche de la Pérouse. Paris (an VII de la Républ. = 1799).
39. Le Maout et Decaine. Traité de Botanique. Paris 1868.
40. Lestiboudois, Th. Structure des hétérogènes, in compt. rend., vol. LXXVI, 1873, p. 195—203. Ref., in Just. Bot. Jahresber. 1873, p. 238.
41. Linné, C. Species plantarum. ed. IV. Berlin 1793—1830.
42. Meyer, F. u. Jacobson, P. Lehrbuch der organ. Chemie. Leipzig 1907.
43. Meiring, J. Notes on some experiments with the active principle of Mesembr. tortuos. L. in Transactions of the South-African Philosophical Society. 1896.
44. Pestalozzi, A. Die Gattung Boscia. Lam. Diss. Zürich 1898.
45. Peterson, O. G. Zur Entwicklungsgeschichte des Mesembrianthemumstengels in Bot. Zeitg. 1878, p. 785 ff.
46. Pharmacopoea helvetica ed. IV.
47. Poulson, E. Lehrbuch der Pharmakologie. Leipzig 1909.
48. Regnault. Ann. d. scienc. nat. IV. Sér., Tome XIV, 1860, p. 95—105.
49. Richter. Lexikon der Kohlenstoffverbindungen. I. u. II, 1900, und Supplem. Hamburg und Leipzig. Dritte Auflage.
50. Rosenthaler, L. Grundzüge der chem. Pflanzenuntersuchung. Berlin 1904.
51. Rosenthaler, L. Verhalten von Nessler's Reagens gegen einige Glykoside, in Pharm. Centralhalle. 1906.
52. Schmidt, E. Pharm. Chemie. Braunschweig 1910. Fünfte Auflage.
53. Schurtz. Katechismus der Völkerkunde. 1893.
54. Solereder, H. Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart 1899.
55. Strassburger, E. Das Botan. Praktikum. Jena 1913. Fünfte Auflage.
56. Summers. Lenscells in the epidermis of Mesembr., in Ann. of Bot. Okt. 1911. Vol. XXV, No. C.
57. Thunberg, C. P. Flora Capensis. Stuttgart 1823.
58. Thunberg, C. P. Reise durch einen Teil von Europa, Afrika und Asien in den Jahren 1770—1779. Berlin. Zwei Bände, 1792, 1794.
59. Treadwell, F. P. Qualitative Analyse. Leipzig u. Wien 1908. Sechste Aufl.
60. Treadwell, F. P. Quantitative Analyse. Leipzig u. Wien 1907. Vierte Aufl.
61. Tunmann, O. Pflanzenmikrochemie. Berlin 1913.
62. Ulzer u. Klimont. Chemie der Fette. Berlin 1906.
63. Wehmer, C. Die Pflanzenstoffe. Jena 1911.
64. Wehmer, C. Zur Charakteristik des zitronensauren Kalkes und einige Bemerkungen zur Stellung der Zitronensäure im Stoffwechsel, in Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1893, p. 338 ff.
65. Weyl, Th. Die Methoden der organ. Chemie. Leipzig 1909.
66. Winterstein u. Trier. Die Alkaloide. Berlin 1910.
67. Zimmermann, A. Die Botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892.